Ueber die Schleimendosperme

der

Leguminosen.

Inaugural-Dissertation

eingereicht

der

Hohen philosophischen Facultät

der

Königlichen Friedrich-Alexander Universität

zu

Erlangen

behufs

Erlangung der Doctorwürde

von

Hugo Nadelmann

aus Stettin.

Mit drei Tafeln.

Berlin.

Druck von G. Bernstein.

1890.

Seinen lieben Eltern

in

dankbarer Verehrung.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. **Alexander Tschirch**

in Bern

vom Verfasser

gewidmet.

Separat-Abdruck

aus

Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik,

Bd. XXI. Heft 4.

Ueber die Schleimendosperme der Leguminosen.

Hierzu Tafel XVI—XVIII.

Das Vorkommen von Schleim, dessen Reactionen und Functionen.

Der Schleim ist im Pflanzenreiche sehr stark verbreitet, sowohl als Zellinhalt, als auch als Membran (Membranschleim). Man findet ihn besonders häufig in den Knollen, Blättern und Samen, womit jedoch die Fälle seines Auftretens nicht erschöpft sind, da auch die meisten anderen Theile der Pflanze ihn aufzuspeichern im Stande sind.

Von den Autoren, die sich mit dem Studium der Schleime beschäftigten, sind stets nur einzelne Schleim enthaltende Pflanzen in das Bereich der Betrachtung gezogen worden.. So hatte sich Frank[1]) in einer sehr ausführlichen Abhandlung über den Schleim von Linum, Cydonia, Orchis, Symphytum officinale, Plantago Psyllium u. A. ausgesprochen.

Hofmeister[2]) dienten als Untersuchungsobjecte ebenfalls die Samen von Linum, Plantago Psyllium, Pirus Cydonia, ferner Teesdalia nudicaulis, Camelina sativa, die Samenhaare von Ruellia patula, das Pericarp von Salvia Horminum, die Samen von Collomia heterophylla, C. coccinea u. A.

1) Frank, Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. V. S. 161—163.

2) Hofmeister, Ueber die zu Gallerte aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Pericarpien. Berichte d. königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Mathem.-Physik. Cl. 1858, S. 20—37.

Die Entstehung des Albumen in den Samen der Leguminosen, womit das Schleimendosperm bezeichnet wurde, hatten Schleiden und Vogel[1]) in's Auge gefasst; dieselben Autoren hatten sich auch in einer zweiten Arbeit[2]) mit dem Amyloid, einer den Schleimen nahestehenden Substanz beschäftigt.

Eine allgemeine Abhandlung über Vorkommen, Gruppirung und Function des Schleimes im gesammten Pflanzenreich ist auf Grund eigener Untersuchungen jedoch erst in letzter Zeit von Tschirch[3]) der Oeffentlichkeit übergeben worden, und habe ich gerade einen Auszug aus dieser Arbeit für geeignet gehalten, meinen eigenen Untersuchungen vorauszuschicken. Ganz besonders scharf durchgeführt ist in diesem Werke die Trennung über das Vorkommen des Schleimes im Inhalt oder als Membranschleim. Gestützt auf diese Arbeit, habe ich eine Trennung ebenfalls durchzuführen versucht, und soll im Folgenden zuerst der Schleim als Inhalt, dann der Membranschleim besprochen werden.

Was das Vorkommen des Schleimes im Inhalte anbelangt, so ist derselbe z. B. in den Parenchymzellen der Zwiebel von Allium Cepa, Scilla maritima reichlich vorhanden. Ebenso findet man ihn im Inhalte der grossen Schleimzellen der Orchisknollen[4]) (Salep) und im Gewebe des Rhizoms von Symphytum officinale. Auch einige Algen haben im Inhalte der Zellen Schleim, was ebenfalls z. B. von Tussilago Farfara im Blattstiel gilt.

Der Schleim der Tiliaceen (Blüthen von Tilia) und Sterculiaceen (Samenschale von Theobroma Cacao) wurde bisher ebenfalls als Inhaltsschleim aufgefasst. Von Tschirch ist jedoch nachgewiesen worden, dass bei diesen der Schleim ebenso wie der der Malvaceen als Membranschleim angelegt wird, späterhin verquillt und so einen grossen Schleimklumpen im Inhalte bildet.

Das Auftreten von Schleim im Inhalte ist weniger häufig, als sein Auftreten in Form secundärer Membranverdickungen oder als

---

1) Schleiden und Vogel, Ueber das Albumen, insbesondere der Leguminosen.

2) Schleiden und Vogel, Ueber das Amyloid, eine neue Pflanzensubstanz. Beiträge zur Botanik von Schleiden, Bd. I, Leipzig.

3) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie.

4) Vergl. Frank l. c. p. 179 u. 183 und Berg Atlas, Taf. XIa.

Umwandlungsproduct dieser (Samen von Linum, Cydonia, Sinapis, die Wurzel von Althaea officinalis, die Rinden von Cassia Cinnamomum, Ulmus campestris und Rhamnus Frangula, die Blüthen der Tilia-Arten, die Samen von Theobroma Cacao, die Blätter von Barosma crenata und crenulata — Buccoblätter[1]) — und eine grosse Anzahl der Endosperme der Leguminosen).

Das Endosperm liegt bei den Samen der Leguminosen zwischen Testa und Cotyledonen. In allen Fällen, in denen bei ihnen Endosperm vorhanden ist, tritt dasselbe als Schleimendosperm auf.

Bei den Algen verschleimt bald die äusserste Zellschicht der Membran (Spirogyra), bald die Intercellularsubstanz (Trieblager von Chondrus crispus, Laminaria Cloustoni und L. digitata).

Sehr eng schliessen sich den Schleimen die Membranverdickungen in den Cotyledonarzellen an, sei es, dass sie als Cellulose oder Amyloid vorhanden sind. Wenn auch ihr Auftreten als Amyloid kein derartig beschränktes ist, wie es aus der Abhandlung von Vogel und Schleiden[2]) hervorging, so ist immerhin das Auftreten kein allzu häufiges. Diese Membranverdickungen scheinen zerstreut im ganzen Pflanzenreich vorzukommen, und es hat den Anschein, als ob die Leguminosen besonders häufig dieselben besitzen. Erhebliche Cellulose-Wandverdickungen habe ich bei den Samen von Lupinus, Erythrina und Abrus beobachtet. Amyloidauflagerungen hatten Vogel und Schleiden bei den Samen verschiedener Leguminosen, Schotia latifolia, Hymenaea Courbaril, Mucuna urens, Tamarindus indica gefunden, denen ich noch Goodia latifolia hinzufügen kann.

Frank[3]) beobachtete ferner die Amyloidauflagerung in den Cotyledonen von Tropaeolum majus, in den Albumenzellen aller Primulaceen, so bei Primula officinalis, Androsace septentrionalis, Anagallis arvensis, Glaux maritima und Samolus Valerandi; Heinricher[4]) bei Impatiens Balsamina, und ich fand dieselben noch bei den Samen von Asparagus officinalis, Paeonia und Sabadilla.

---

1) Tschirch, Bericht d. bot. Gesellsch. 1888, p. 3.
2) Vogel u. Schleiden l. c.
3) Frank, l. c. p. 175—178.
4) Heinricher, Zur Biologie der Gattung Impatiens, „Flora“ Jahrg. 1888.

Ein klares Bild von der stofflichen Natur und der morphologisch-anatomischen Bedeutung erhält man durch folgende, von Tschirch[1]) aufgestellte Tabelle:

	In Form secundärer Membranverdickungsschichten	Aussenwand der Membran	Als verschleimte Intercellularsubstanz (primäre Membran)	Als Zellinhalt von distincten Schleimzellen	Als Inhalt ganzer Gewebe	Als Inhalt schizogener Excretbehälter	In lysigenen Räumen
Cellulose-schleim	Schleimepidermen. Cydonia-Samen, Salvia Frucht, Sinapis nigra und alba	—	Laminaria-stipites	Schleimzellen der Orchis-Knollen	Rhizom von Symphytum und Agropyrum repens. Succulente: Aloe. Zwiebeln: Allium, Scilla. Algen. Hierher gehört auch das Schutzgummi.	Cycadeen, Marattiaceen, einige Sterculiaceen und Aratiaceen. In schizolysigenen Höhlen: Rindenschicht der Laminariastipites.	—
Echter Schleim und Gummi	1. Schleimepidermen: Samen von Linum Plantago. 2. Subepidermale Zellen: Buccoblätter. 3. Schleimendosperme von Leguminosen: Trigonella Faenum graec., Ceratonia Siliqua, Gymnocladus canad., Cassia Fistula, Schizolobium, Gleditschia, Tetragonolobus, Indigofera, Medicago. 4. Einzelne Schleimzellen (oder Gruppen) in anderen Geweben: Rad. althaeae, Cort. cinnamomi, Cort. frangulae, Flor. tiliae, Blüthen der Malvaceen, Sem. Cacao, Loranthus, Viscum.	Algenfäden (Spirogyra). Aussenschichten von Hyphen vieler fädigen Mycelien. Die subcuticulare Membranpartie bei den Colleteren (Leimzotten) und einigen blasigen Hautdrüsen. Diese und die trennenden Wände bei den Zwischenwanddrüsen.	Carageen und andere Algen; nachträglich verschleimt bisweilen die Intercellularsubstanz bei den Schleimendospermen, ferner bei Tilia und den Malvaceen.	Gummizellen der Inflorescenzaxen von Hagenia abyssinica (Kusso).			1. In d. Rinde: Gummiacacien (bes. Acacia Senegal), Moringa pterygosperma, Cochlospermum gossypium. 2. In Rinde u. Holzkörper: Prunus Cerasus u. andere Amygdalaceen. Herminiera Elaphroxylon. 3. In Mark u. Markstrahlen: Traganth. 4. Unbekannt: Kuteragummi (Sterculia ur.).
Amyloid	Samen v. Paeonia, Tropaeolum, Hymenaea Courbaril, Tamarindus Balsamina, Primulaceen.	—	—	—	—	—	—

1) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, p. 204.

Mit den im Inhalte sowohl, wie in den Membranen sich vorfindenden Schleimen, ferner mit den Cellulose- und Amyloidverdickungen in den Cotyledonarzellen sind Reactionsversuche bereits in zahlreichen Fällen angestellt worden, von denen einzelne, obwohl sie in die Litteratur übergegangen sind, an Zuverlässigkeit viel zu wünschen übrig lassen.

Barcianu[1]) führt als eine von ihm ausgeführte Reaction auf Schleim successive Behandlung mit Kreosot, Zinnchlorür und Anilin an, welche eine tiefrosarothe Färbung in den Schleimzellen hervorrufen soll. Diese Reaction ist von Poulsen[2]) aufgenommen worden mit der Bemerkung, dass eine Prüfung derselben von ihm nicht angestellt worden sei. Mir ist trotz sorgfältiger Behandlung einer grossen Reihe von Schleimendospermen mit genannten Reagentien eine Färbung des Schleimes nicht gelungen, und dürfte wohl jene Reaction, die Barcianu bei den Onagraceen erhielt, durch andere in den Zellen vorhandene Stoffe hervorgerufen worden sein.

Eine genaue Gruppirung der Schleime in Folge der angestellten Reactionen ist von Behrens[3]) versucht worden, jedoch ist auch diese nicht geeignet, ein klares Bild zu verschaffen, zumal darin auch die Reaction von Barcianu aufgenommen worden, deren Unzuverlässigkeit ich bereits erwähnt. Dort heisst es ferner in dem Absatz über „eigentliche Schleime", worin von dem Amyloid die Rede ist, dass dasselbe zuerst von Vogel und Schleiden in den Cotyledonen von Lupinus und Tropaeolum nachgewiesen sein soll, während Lupinus gar kein Amyloid enthält und dasselbe bei Tropaeolum nicht von Schleiden, sondern von Frank nachgewiesen worden ist.

Als ebenso unzuverlässig erwies sich eine von Szyszlowicz aufgefundene Reaction mittelst Rosolsäure, die Behrens citirt, und noch mehr jene Angabe, dass man mit Hilfe derselben eine Unterscheidung zwischen den Stärke- und Celluloseschleimen herbeizuführen im Stande sein soll. Nach Szyszlowicz wird die Rosolsäure in Natriumcarbonatlösung gelöst, und soll diese purpurrothe

1) Barcianu, Untersuchungen über die Blüthenentwickelung der Onagraceen, Leipzig 1874.

2) V. A. Poulsen, Botanische Mikrochemie, p. 68.

3) Behrens, Hilfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchungen, Braunschweig, p. 811—314; und: Nectarien der Blüthen, Flora 1879, p. 450.

Flüssigkeit die Stärkeschleime dauernd röthen, und die Färbung selbst durch längeres Kochen in Alkohol nicht zerstört werden können. Gleichfalls sollen die Celluloseschleime gefärbt, die Färbung aber durch kalten, besonders durch siedenden Alkohol wieder zerstört werden.

Ich habe Schnitte durch die Schleimendosperme der Leguminosensamen, die aus echtem Schleim und nicht aus Celluloseschleim bestehen, mit jenem Reagens behandelt und gefunden, dass eine Färbung nach längerer Einwirkung zwar eingetreten, dieselbe jedoch sich auch in anderen Theilen der Zelle gezeigt, und dass diese Färbung leicht durch Alkohol wieder zu entfernen war. Hiernach wäre der Schleim in den secundären Wandverdickungen der Leguminosensamen zu den Celluloseschleimen zu rechnen, wogegen alle anderen Reactionen und Versuche sprechen.

Legt man ein Präparat, in dessen Zellen Schleim vorhanden ist, in Wasser, so quillt gewöhnlich derselbe zu einer klaren Flüssigkeit auf, wodurch er einer genaueren Betrachtung entzogen wird. In selteneren Fällen wird er körnig und seine Schichtung sichtbar (Crotalaria verrucosa).

A. Meyer theilt mit, dass man zur Beobachtung der Schleime die Schnitte in Bleiessig [1]) zu legen habe, worin der Schleim nicht quillt wie in Wasser, oder sie mit dem Zuckerreagens (Kupfersulfat-Kali) zu behandeln habe, wodurch der Schleim blau gefärbt wird. Dort heisst es ferner: „Da Schleime in Alkohol unlöslich sind, so kann man sich die Schleiminhalte der Zellen durch Einlegen in Alkohol deutlich machen. Der Schleim ist dann meist als ein die Zelle nicht mehr ganz erfüllender Klumpen (sehr schön in den Zwiebeln von Scilla maritima) zu beobachten. In Wasser quillt der Schleim zu einer zähen, fadenziehenden Masse, und verhält sich nur das Schutzgummi durchweg anders. Es quillt weder in Wasser, noch selbst in Kali, ist in Schwefelsäure unlöslich und stimmt nur darin mit den echten Schleimen überein, dass es bei der Oxydation mit Salpetersäure (neben Oxalsäure) Schleimsäure liefert."

Die durch Jod und Jodschwefelsäure sich gelb färbenden Schleime

1) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie.

werden von Tschirch als die echten von den sogenannten Celluloseschleimen, die noch die Cellulosereaction zeigen, unterschieden.

Die echten Schleime geben bei Oxydation mit Salpetersäure[1]) (neben Oxalsäure) Schleimsäure (Samen von Linum, Plantago Psyllium, Wurzel von Althaea officinalis); die Celluloseschleime liefern bei gleicher Behandlung keine Schleimsäure, sondern nur Oxalsäure (Cydonia, Salvia). „Die echten und die Celluloseschleime sind in Kupferoxydammon unlöslich, wovon nur der Same von Plantago Psyllium eine Ausnahme macht. Zu den Celluloseschleimen gehört auch der Schleim im Inhalte der Orchisknollen; zu einer besonderen Gruppe der echten Schleime das durch Metamorphose der Membranen und aus zuströmendem Material entstehende Gummi der Acacien (Gummi arabicum) und das Kirschgummi, sowie das den secundären Membranverdickungen entstammende des Traganthstrauches u. A., schliesslich der Schleim der Gallertscheiden der Algen.“ Die Quellbarkeit der Schleimmembranen in Wasser und in Kali ist eine verschiedene.

Was nun die Reactionen der Schleimendosperme bei den Samen der Leguminosen anbelangt, so fand ich als das zuverlässigste Reagens Jodschwefelsäure, welches bei ihnen durchgängig eine mehr oder weniger gelbe bis braune Färbung hervorruft und beim Eintreten der Reaction oftmals die Schichtung in der Membran recht deutlich erkennen lässt. Bei denjenigen Samen, bei welchen die Verschleimung nur schwach ist, tritt zugleich mit der Gelbfärbung der secundären Wandverdickungen auch die Cellulosereaction als Blaufärbung in der primären Membran ein. Samen mit sehr mächtigen Schleimendospermen haben auch die primäre Membran mit Schleim infiltrirt und bei diesen bedarf es erst einer vorherigen Behandlung des Endosperms mit verdünnter Kalilauge, um mit Jodschwefelsäure in der primären Membran eine Blaufärbung zu erhalten.

Wässerige und alkoholische Jodlösung allein, oder Chlorzinkjod bringen keine Färbung der Schleimendosperme mit sich. Alkohol wie Glycerin fällen den Schleim der Membran, zu einem Gerinsel der erstere, zu einer körnigen Masse das letztere. Durch Zufliessen-

1) Frank, l. c. p. 162.

lassen von Glycerin zu einem in Wasser liegenden Präparate kann man die Schichtung in den Schleimauflagerungen hervorrufen. Bei Behandlung mit Säuren, wie Salpetersäure, Salzsäure, Chromsäure und Schwefelsäure, verquillt die primäre Membran der Endospermzellen, ohne dass die Innenschichten sich zeigen.

Die in den Cotyledonarzellen vorhandenen Auflagerungsschichten bestehen bei einigen Samen aus reiner Cellulose und werden daher durch Jodschwefelsäure gebläut, z. B. Lupinus albus, L. angustifolius und luteus, Erythrina Corallodendron.

Anders verhält es sich dagegen mit den Amyloidauflagerungen. Die Reactionen dieser Substanz haben schon vielfach Erwähnung gefunden [1]) und will ich von diesen nur die wichtigsten hervorheben.

Wenn frische Jodtinctur auf die Schnitte gebracht und diese dann mit Wasser befeuchtet werden, oder wenn frische, mit Wasser verdünnte Jodtinctur Anwendung findet, so tritt unmittelber keine Färbung ein. Findet dagegen eine Lösung von Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure oder alte Jodtinctur Verwendung, so färbt sich die Auflagerung mehr oder weniger schmutzig blau. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung färbt dieselbe sogleich rein blau und bewirkt zu gleicher Zeit ein schwaches Aufquellen der Membranen. Concentrirte Jodjodkaliumlösung färbt braunorange, und genügt ein Zusatz von Wasser schon, diese Farbe sofort in die blaue überzuführen. Die durch Jod in verdünnter Jodkaliumlösung dunkelblau gefärbten Schnitte gehen bei Zusatz von reichlichem Wasser nach einiger Zeit durch Hellblau in den farblosen Zustand über. Um also die Bläuung der Membran vermittelst Jod hervorzurufen ist es nicht nur nothwendig, dass die Membran die richtige chemische und physikalische Beschaffenheit besitze, sondern dass ausser dem färbenden Jod auch eine der assistirenden Verbindungen anwesend sei, wozu vorzugsweise Jodwasserstoffsäure und Jodkalium zu rechnen sind.

---

1) Vogel u. Schleiden, Ueber das Amyloid, eine neue Pflanzensubstanz. Beiträge zur Botanik, Schleiden, Bd. I. — Nägeli, Ueber die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. Bot. Mittheilungen Bd. I, Sitzung d. math.-phys. Classe vom 16. Mai 1863. — Heinricher, l. c.

Die Function der Schleime ist eine äusserst verschiedene, und ist dieselbe vielfach von der Lage des Schleimes abhängig. Es ist wesentlich, ob derselbe in den Oberhautzellen oder in den tiefer liegenden Theilen des Gewebes unterirdischer oder oberirdischer Organe sich vorfindet.

Bei Scilla maritima, Allium Cepa ist sein Auftreten als Reservestoff zweifellos, da er beim Austreiben der Zwiebel nach und nach verschwindet. Dieselbe Function wird dem Schleiminhalte der grossen Schleimzellen der Orchisknollen und wahrscheinlich auch bei dem, der im Gewebe des Rhizoms von Symphytum officinale auftritt, zugeschrieben und ein Gleiches von den Schleimen der Queckenwurzel (z. B. dem Triticin) vorausgesetzt.

Anders verhält es sich mit dem Schleim der oberirdischen Organe. Der Markkörper der sogenannten Succulenten ist mit Schleim erfüllt und ist hier der Schleim ein Anpassungmittel an trockenes Klima [1]), da schleimige Flüssigkeiten einer langsameren Verdunstung ausgesetzt sind, ja sogar die Fähigkeit besitzen, in concentrirter Form Wasser anzuziehen. Nach Tschirch sind in der That alle Succulenten, z. B. Aloe, Euphorbia resinifera, Bewohner trockener Gegenden, und er fand, dass diese Pflanzen sogar befähigt waren, selbst von dem Boden losgelöst, ja abgeschnitten noch lange Zeit frisch zu bleiben.

Denselben Zweck, wie dem Schleim aus Orchis Morio, O. mascula spricht er den Membranschleimen in den Wurzeln zu, z. B. von Althaea officinalis. „Sie sind Reservestoffe, wennschon es an Untersuchungen darüber fehlt, ob sie im Frühling wirklich gelöst und verwendet werden und eigentlich nicht einzusehen ist, warum die Pflanze neben der colossalen Masse von Stärke noch in einigen besonderen Zellen ein anderes Kohlehydrat speichert.“ Vollständig im Unklaren ist man noch über die Bedeutung der Membranschleime in den Rinden (Cassia cinnamomum). Dass man z. B. bei der Zimmetrinde sehr häufig die Schleimzellen entleert findet, scheint freilich auch hier auf einen Verbrauch zu deuten. Vielleicht dienen beide auch als Wasserspeicher“ [2]). Die Schleimepidermen der Samen

1) Vergl. Tschirch, Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort. Linnaea 1881, p. 156.

2) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie.

(Linum, Cydonia, Plantago Psyllium, Sinapis) dienen, wie Versuche, die Tschirch und Lüdtke angestellt haben, zeigen, zur Befestigung des Samens im Boden und sind dieselben vermöge ihrer wasseranziehenden Kraft bei der Wasserversorgung der Keimpflanze sicher von ganz besonderer Bedeutung[1]). Der Wasserversorgung resp. der Erhaltung des zugeführten Wassers, also als Wasserreservoirs, dienen auch die eigenthümlichen, an den Gefässbündelendigungen zu Gruppen angeordneten Schleimzellen der Blätter von Viscum und Loranthus[2]), deren Schleim gleichfalls in Form secundärer Schleimverdickungen auftritt, sowie der merkwürdigen subepidermalen Schleimzellen der Blätter von Barosma crenata und crenulata, deren Stammpflanzen Bewohner der trockenen Gebiete des Caplandes sind.

Die Schleimendosperme bei den Leguminosen findet man bei Haberlandt[3]) als Quellschichten bezeichnet. Hanstein nennt dieselben „innere Quellapparate". Meine auf Veranlassung von Herrn Dr. Tschirch angestellten Untersuchungen sollten nun entscheiden, ob der Schleim der secundären Schleimmembranen wirklich nur die Bedeutung eines Wasserreservoirs und die Schleimendosperme nur Quellschichten darstellen, oder ob sie auch noch andere Functionen oder vielleicht diese allein besitzen. Die Frage, ob sie nur Reservestoffbehälter sind, ist in prägnanter Form noch nicht gestellt worden, und soll es meine Aufgabe sein, Folgendes festzustellen:

Sind die Schleimendosperme der Leguminosensamen in erster Linie Reservestoffbehälter und der in den Zellen als secundäre Wandverdickung vorhandene Schleim Reservestoff? Mein Ergebniss, welches diese Frage in positivem Sinne beantwortete, veranlasste mich gleichzeitig, folgende Betrachtung anzustellen:

Ist überall dort, wo die Samen mit Schleimendospermen versehen sind, im Verhältniss zur Mächtigkeit derselben das Auftreten anderer Reservestoffe ein geringeres?

Im Zusammenhange mit dieser Frage stand eine andere: ob in den Samen eine Korrelation zwischen den Kohlehydraten unter-

---

1) Vergl. Klebs, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Unters. des bot. Inst. Tübingen, Bd. I, p. 581.

2) Marktanner-Turneretscher, Zur Kenntniss des anatomischen Baues unserer Loranthaceen. Wiener Akad. 1885.

3) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie, Quellungsgewebe, p. 275.

einander und andererseits zwischen diesen und den anderen Reservestoffen nachweisbar sei, ferner ob die Samen der Leguminosen nicht nach den in ihnen auftretenden Reservestoffen in eine bestimmte Gruppirung gebracht werden können?

Um nun meine erste Frage beantworten zu können, stellte ich mir folgende Aufgaben: Wie verhalten sich die secundären Wandverdickungen in den Schleimendospermzellen bei der Keimung der Samen? Werden dieselben gelöst und verbraucht oder nicht, und in welcher Weise geht eventuell die Lösung vor sich?

Ferner schien es mir auch wünschenswerth, zu ergründen, in welcher Weise die Entwickelungsgeschichte, die Anlage der secundären Membranverdickungen in den Schleimendospermzellen verläuft, ob der Schleim direct als solcher angelegt, oder ob es erst einer nachträglichen Metamorphose bedarf?

Zu gleichen Betrachtungen boten mir die secundären Wandverdickungen in den Zellen der Cotyledonen Veranlassung, die in denselben in Form von Cellulose oder Amyloid, niemals in Form von Schleim auftreten. Haberlandt[1]) ist der Ansicht, dass Wandauflagerungen, wie sie z. B. Lupinus besitzt, bei der Quellung der Samen möglicherweise als Schwellapparate dienen, eine Function, die ich für dieselben jedoch nur in zweiter Linie gelten lassen möchte.

Derartige Cellulosewandverdickungen finden sich auch im Endosperm (z. B. der Dattel). — Heinricher[2]) schreibt noch die grosse Widerstandsfähigkeit der Samen gegen mechanische Verletzungen im ungequollenen, trockenen Zustande diesen Wandverdickungen zu. Da derartige Samen, besonders deren Cotyledonen, sehr hart sind und auch ihr Aussehen von schwach gelblicher Farbe ist, so ist man in der That dazu berechtigt, dieselben ebenso mit Elfenbein zu vergleichen, wie sich bereits für den Samen von Phytelephas macrocarpa diese Bezeichnung vollständig eingebürgert hat. Zur Härte der Samen aus der Abtheilung der Leguminosen tragen jedoch noch andere Factoren bei, besonders ist es die Härte der Testa, bedingt durch die Palissadenzellen.

1) Haberlandt, l. c. p. 288.
2) Heinricher, l. c. p. 15.

Da auch bei den secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen es mir unwahrscheinlich schien, dass mit jenen Ansichten Haberlandt's und Heinricher's ihre Functionen erschöpft seien, stellte ich mir auch hier folgende Fragen: Haben die secundären Wandverdickungen der Cotyledonarzellen, entsprechend denen der Endospermzellen, noch andere Functionen als die bereits genannten? Dienen sie denselben nur als Reservestoffe oder nicht? Schliessen sich die secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen ebenfalls der Korrelation der Kohlehydrat-Reservestoffe einerseits und der Reservestoffe im Allgemeinen an und ist durch ihr Vorhandensein etwa das geringere Auftreten anderer Reservestoffe bedingt?

Um die erste Frage zu ergründen, bedurfte es auch hier einer Anstellung von Versuchen, die mir beantworten sollten, ob bei der Keimung der Samen die secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen gelöst und verbraucht werden oder nicht, und auf welche Weise im Falle einer Lösung dieselbe vor sich geht.

Aehnlich wie von den secundären Wandverdickungen in den Endospermzellen glaubte ich auch von denen der Cotyledonarzellen ihre Entwickelungsgeschichte beobachten zu müssen und suchte dabei zunächst zu erforschen, wie die Anlage der secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen vor sich geht. Sodann handelte es sich noch darum, zu ergründen, ob bei allen Samen die secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen als Cellulose angelegt werden, oder ob etwa dann bei denjenigen Samen, die im reifen Cotyledon Amyloid enthalten, eine Metamorphose in Amyloid vor sich geht, oder ob die Anlage bei diesen direct als Amyloid geschieht.

Anatomischer Theil.

Bevor ich auf die anatomischen Verhältnisse der Leguminosensamen in einer Einzelbeschreibung näher eingehe, will ich vorausschicken, dass das Schleimendosperm in sämmtlichen untersuchten Unterabtheilungen der Leguminosen vorkommt (mit Ausnahme der Geoffreen und Swartzieen) aber nicht bei allen Gattungen und Arten.

Von diesen beiden Unterabtheilungen hat Schleiden[1]) nur je einen Samen zur Verfügung gehabt, mir stand auch kein Material zu Gebote, so dass von den beiden endospermfreien Samen eigentlich kein Schluss auf diese beiden Unterabtheilungen gezogen werden kann.

Ein Theil der Leguminosensamen ist also vollständig endospermfrei, bei einigen Samen ist das Endosperm schwach, bei anderen stärker entwickelt, bei einzelnen wird es sogar derartig mächtig, dass es den grössten Theil des Samens einnimmt.

Ich beabsichtige nun, die Samen nacheinander, bei den meisten aber nur in den für die Aufgabe wichtigen Theilen zu beschreiben, und zwar werde ich mit den endospermfreien beginnen und von diesen allmählich zu denen mit mächtig ausgebildetem Endosperm übergehen.

Edwardsia chinensis und Sophora tomentosa.

Diese beiden zur Unterabtheilung der Sophoreen gehörigen Samen besassen kein Endosperm. Schleiden bezeichnete es in der bereits citirten Arbeit bei Edwardsia microphylla, dessen Samen er untersuchte, für sehr schwierig, eine Entscheidung zu treffen, ob in demselben Endosperm vorhanden sei oder nicht; dagegen hatte er bei zwei anderen Arten der Gattung Sophora, bei S. japonica ein starkes, bei S. alopecuroides L. ein mässiges Endosperm gefunden.

Was die Cotyledonen von Edwardsia chinensis und Sophora tomentosa anbelangt, so findet man bei beiden im Inhalte der Zellen eine starke Ablagerung von Stärkekörnchen, ausserdem noch Aleuron und Fett. —

Von den Vicieen waren Cicer arietinum, Vicia, Ervum, Pisum, Lathyrus sativa alba endospermfrei. — Schleiden hatte bei Lathyrus tingitans ein Endosperm gefunden. — Die Zellen der Cotyledonen zeigen eine schwach verdickte Wandung und sind mit grossen charakteristischen Stärkekörnern angefüllt. Daneben findet sich noch überall Aleuron, dagegen ist Fett nicht durchgängig verbreitet, es fehlt z. B. bei den Samen von Pisum, Ervum, Vicia.

Auch bei den Phaseoleen ist das Vorkommen des Endosperms

1) Schleiden u. Vogel, l. c.

im Ganzen nicht sehr häufig. Ich habe es nur bei Soja und Abrus sehr schwach entwickelt gefunden; Schleiden[1]) will das Albumen bei Rhynchosia ebenfalls unbedeutend, bei Kamedya rubicunda stark entwickelt gesehen haben. Doch sind besonders in dieser Unterabtheilung vielfach Samen zu finden, die durch starke secundäre Wandverdickung der Cotyledonarzellen ausgezeichnet sind, so haben dieselben Lupinus, Erythrina, Mucuna u. A.

Die Gattung Phaseolus zeigt ganz analog den bereits erwähnten Vicieen, dass bei Abwesenheit des Endosperms in irgend einem anderen Theile des Samens eine starke Ablagerung von Reservestoffen vorhanden ist. So liegen in den schwach verdickten Cotyledonarzellen sehr grosse charakteristische Stärkekörner, die die Zellen derartig erfüllen, dass nur sehr wenig Aleuron und Fett noch darin Platz gefunden.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei Lupinus. Sämmtliche untersuchten Species waren endospermfrei, mit Ausnahme von L. polyphyllus und L. luteus. Bei L. polyphyllus war zwischen der Radicula und den Cotyledonen und bei L. luteus stellenweise eine ganz schwache Andeutung von Endosperm vorhanden. Schleiden[2]) will bei L. tomentosus und L. macrophyllus Albumen, wenn auch nur in sehr dünner Schicht gefunden haben.

Ich habe Beobachtungen an L. albus, angustifolius, luteus und polyphyllus angestellt und fand, dass während bei L. polyphyllus die Cotyledonen weder Wandverdickungen noch Stärke, sondern nur grössere Aleuronkörner und Fett enthielten, sich bei den drei übrigen Species ganz andere Verhältnisse zeigten.

Bei diesen war eine Ablagerung von einem anderen Kohlehydrat zu constatiren, bestehend in einer Verdickung der Zellwände der Cotyledonen in Gestalt von schwach lichtbrechenden, parallel laufenden Auflagerungsschichten von Cellulose. Ganz besonders deutlich trat diese schichtenartige Auflagerung bei L. angustifolius zu Tage (Taf. XVI, Fig. 7) bei Behandlung der Querschnitte mit Farbstofflösungen, oder noch besser mit Eisenchloridlösung. Die Zellen waren vornehmlich an den Ecken und dort rundlich collenchymatisch verdickt.

1) Schleiden, l. c. p. 20.
2) Schleiden, l. c. p. 17.

Betrachtet man einen Querschnitt durch die Cotyledonen in Wasser und Glycerin, so hat es das Aussehen, als ob die Auflagerung eine einzige zusammenhängende Schicht wäre. In Alkohol kam auch hier die schichtenartige Auflagerung wiederum zum Vorschein, jedoch nicht so deutlich, wie bei Behandlung mit den bereits vorher erwähnten Reagentien. Auch L. albus zeigt diese Auflagerung deutlich bei Anwendung derselben Flüssigkeiten; schwächer erscheint sie bei L. luteus, ist jedoch ebenfalls vorhanden. Die Behandlung mit Jodreagentien führte mich zu dem bestimmten Schlusse, dass die Auflagerung aus reiner Cellulose besteht. Da wässerige Jodjodkaliumlösung keine Reaction gab, war die Anwesenheit von Amyloid ausgeschlossen; dagegen färbte Jodschwefelsäure die Auflagerungsschichten schön blau, womit Cellulose nachgewiesen war. Trotz der Untersuchung bei einer sehr grossen Anzahl von Lupinensamen, speciell von L. luteus, von dem Harz[1]) erwähnt, dass er bei ihm vereinzelt Amyloid-Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen gefunden habe, was auch Heinricher[2]) anführt, ist es mir nicht gelungen, auch nur einen einzigen Samen zu finden, welcher Amyloid enthielt.

Ausser diesen Kohlehydraten besitzen die Cotyledonen der Lupinensamen sehr grosse Aleuronkörner und viel Fett, jedoch keine Spur von Stärke. Godfrin[3]) führt dagegen bei Lupinus albus an, dass in demselben bei der Reifeentwickelung Stärke auftrete und zum Schluss auch verbleibe, eine Thatsache, deren Nachweis mir trotz des Nachsuchens bei einer ungeheuer grossen Anzahl von reifen Samen nicht gelungen ist, so dass ich den ruhenden Samen von L. albus ebenfalls als stärkefrei erklären muss.

Dolichos giganteus und Cajanus indicus.

Beide Samen besitzen kein Endosperm. Auch die Cotyledonen stimmen miteinander überein; sie sind mit grossen charakteristischen Stärkekörnern angefüllt und enthalten daneben nur wenig Aleuron und Fett. Die Membranen der Zellen zeigen jedoch bei Dolichos eine unbedeutende Celluloseverdickung, während bei Cajanus ziemlich stark verdickte Wandungen vorhanden sind.

1) Harz, Landwirthschaftliche Samenkunde.
2) Heinricher, Zur Biologie der Gattung Impatiens. „Flora“, Jahrg. 1888.
3) Godfrin, Annales des sciences Naturelles, 6. Sér., Tome XIX, 1884.

Physostigma venenosum.

Auch Physostigma besitzt kein Schleimendosperm. In den dünnwandigen Cotyledonarzellen findet sich dafür als stellvertretendes Kohlehydrat eine Anhäufung von ganz besonders grossen, charakteristischen Stärkekörnern, von denen zwei bis drei oftmals zur Anfüllung einer ganzen Zelle genügen. Nebenbei sind noch reichlich Aleuronkörner vorhanden.

Erythrina Corallodendron.

Der prachtvoll korallenrothe Samen besitzt an einer, und zwar an der der Chalaza abgewandten, unregelmässigen Seite einen schwarzen Fleck, welcher ungefähr ein Drittheil seiner Grösse einnimmt. Die Micropyle ist 1—2 mm tief und 3 mm lang. Der Same besitzt kein Schleimendosperm, dafür aber in den Cotyledonarzellen schwach lichtbrechende secundäre Wandverdickungen aus Cellulose, analog den bereits beschriebenen Lupinenarten. Diese Wandverdickungen bedingen die Härte der Cotyledonen. Das Lumen der Cotyledonarzellen, welches keine Stärke enthält, sondern nur Aleuron und Fett, breitet sich sternförmig aus und grenzen die Strahlen des Lumens der einen Zelle an die der benachbarten Zellen an, die Verdickungen durchbrechend, so dass nur die primären Membranen die Scheidewand zwischen denselben bilden.

Mucuna.

a) M. urens.

In der Testa dieses Samens finden wir, auf die Palissaden- und Trägerzellen folgend, ein grosses, aus gleichmässig verdickten Zellen bestehendes Gewebe, welches gewöhnlich für das Wassergewebe gehalten wird.

Dass es hier nur die Function eines Wassergewebes erfüllt, bezweifele ich zwar, bin jedoch nicht in der Lage, durch keimfähiges Material Untersuchungen hierüber anzustellen. Ein Schleimendosperm ist nicht vorhanden. In den Zellen der Cotyledonen findet man dagegen schwach lichtbrechende, secundäre Membranverdickungen, wie sie bereits bei Lupinus geschildert sind, die jedoch

nicht aus Cellulose, sondern aus Amyloid bestehen. Der Nachweis dieses Stoffes in M. urens u. A. ist bereits von Vogel und Schleiden in ihrer Abhandlung „Ueber das Amyloid etc." geführt worden. Neben Amyloid findet man in den Cotyledonarzellen noch vereinzelt liegende grössere Stärkekörner, und kann man durch Behandlung mit wässeriger Jodjodkaliumlösung deutlich die Differenz in der Färbung, d. h. in der Aufspeicherung von Jod zwischen Stärke und Amyloid beobachten. Man sieht, dass die Stärke bedeutend dunkler gefärbt ist als das Amyloid, mithin auch eine grössere Menge Jod aufzuspeichern [1]) im Stande ist.

b) M. prurita.

Die bei M. urens beobachtete Schicht dickwandiger Zellen ist hier nicht vorhanden, ebenso wenig die Auflagerung von Amyloid in den Cotyledonarzellen. Nur durch die Abwesenheit des Schleimendosperms stimmt dieser Same mit dem von M. urens überein. An Stelle des Amyloids liegen in den Cotyledonarzellen sehr grosse charakteristische Stärkekörner mit Aleuron und Fett vermischt.

Die von mir untersuchten, zur Unterabtheilung der Mimoseen gehörigen Samen waren zufällig sämmtlich endospermfrei, und zwar waren es die Samen von Acacia Senegal, concinna, lophanta; Entada Pursaetha; Prosopis strombulifera. Vogel und Schleiden haben jedoch in der bereits mehrmals citirten Arbeit ein Albumen gefunden bei Mimosa pudica, Mim. prostrata; Prosopis domingensis, Desmanthus und anderen Arten der Gattung Acacia.

Acacia [2]).

a) A. Senegal.

Der Same besitzt kein Schleimendosperm. Es folgt auf die Palissaden- und Trägerschicht ein grosses Gewebe dickwandiger

---

1) Nach Mylius, Bericht d. chem. Ges. 1887, p. 668, bildet die Stärke mit Jod eine Verbindung, die jedoch ausserordentlich locker ist (18 % Jod). Er hat nachgewiesen, dass Jodstärke eine Verbindung von Jod mit einer farblosen Jodstärke ist und die Formel $(C_{24}H_{40}O_{20}J)_4JH$ besitzt.

2) Schleiden's Untersuchungen ergaben, dass Albumen vorhanden war bei folgenden Samen: Acacia farnesiana W., A Berteriana Dl. C., A. acanthocarpa Dl. C., und dass es fehlte bei denen von Acacia graveolens, A. stricta, A. melanoxylon, A. longifolia, A. tetragona, A. westiana, A. lophanta.

Zellen, deren Wandungen aus Cellulose bestehen und die im Lumen einen dasselbe vollständig ausfüllenden Harzklumpen enthalten. Die verdickten Cellulosewandungen in den Zellen des dickwandigen Gewebes sind hier ebenfalls, wie ich bereits von Mucuna urens angegeben, nicht nur Wassergewebe, sondern wahrscheinlich auch Aufspeicherungen von Kohlehydrat-Reservestoffen. Ihre Function konnte ich leider wegen Mangels an keimfähigem Material nicht feststellen. Gleichviel, ob das dickwandige Gewebe der Testa oder dem Endosperm angehört, was nur entwickelungsgeschichtlich nachgewiesen werden kann, so scheint doch sicherlich in den Wandungen Reservestoff aufgespeichert zu sein.

Die Cotyledonen enthalten sehr viel Aleuronkörner, Fett und wenig vereinzelt liegende Stärkekörnchen. Die Härte des Samens ist sehr bedeutend, wohl durch das dickwandige Gewebe veranlasst.

b) A. concinna.

Auch bei diesem Samen ist kein Schleimendosperm vorhanden. Das bei A. Senegal erwähnte dickwandige Gewebe ist hier ebenfalls stark entwickelt, wenn auch nicht ganz in demselben Umfange. Die Lumina sind auch zum grössten Theil mit brauner Harzmasse erfüllt. Die Cotyledonarzellen sind schwach verdickt und enthalten sehr viele grosse charakteristische Stärkekörner, neben Aleuron und Fett. Die Kohlehydratreservestoffe dieses Samens sind neben etwas Fett die Stärkekörner; ausserdem dienen als solche wahrscheinlich die Cellulosewandverdickungen in dem dickwandigen Gewebe.

c) A. lophanta Willd.

Dieser Same wurde, wie bereits in der Anmerkung erwähnt, schon von Vogel und Schleiden als endospermfrei befunden, was ich bestätigen kann. Das dickwandige Gewebe ist auch hier vorhanden, jedoch sieht man keine Harzablagerung im Lumen der Zellen. Die unbedeutend verdickten Zellen der Cotyledonen enthalten kleine Stärkekörnchen in grosser Menge, ferner Aleuron und Fett.

Entada Pursaetha.

Auch dieser Same besitzt kein Schleimendosperm und verhält sich, was das dickwandige Gewebe und den Inhalt der Cotyledonen anbelangt, genau wie Acacia lophanta.

Prosopis strombulifera.

Während von Schleiden, wie ich bereits in den Eingangsworten über die Mimoseen geschrieben, bei Prosopis domingensis ein Albumen gefunden, welches so bedeutend sein soll, dass in den Wandverdickungen sogar Schichtungen zu erkennen sind, ist die von mir untersuchte Art P. strombulifera für vollständig endospermfrei befunden worden. Die Cotyledonarzellen dieses Samens besitzen keine Verdickungen, haben jedoch sehr viel zerstreut liegende Stärkekörnchen und auch viel Fett neben Aleuronkörnern.

Von den Caesalpiniaceen stellten sich als endospermfrei bei meinen Untersuchungen Samen der Gattungen Voandzeia, Dipterix, Guilandina und Tamarindus heraus.

Bei Voandzeia subterranea war kein Schleimendosperm vorhanden. Im Inhalte der dünnwandigen Cotyledonarzellen waren grosse charakteristische Stärkekörner angehäuft, ferner Aleuronkörner und Fett. Ebenso frei von jeglicher Spur eines Schleimendosperms war der Same von Dipterix odorata, in dessen Cotyledonarzellen viel Stärke und viel fettes Oel, auch Aleuron vorhanden war.

Guilandina Bonduc.

In Bezug auf das Schleimendosperm schliesst sich dieser Same den beiden vorhergehenden vollständig an. Man findet in demselben jenes grosse, dickwandige, in dicker Schicht braun aussehende Gewebe wieder, wie ich es bereits bei Acacia und anderen Samen vorher angeführt habe. Im Lumen desselben ist vielfach eine braune Harzmasse abgelagert. Die Cotyledonarzellen sind zum grössten Theil mit Stärkekörnern angefüllt, so dass sie nebenbei nur noch wenig Aleuron und Fett enthalten.

Tamarindus indica.

Wir beobachten in diesem Samen das Vorhandensein uns bereits bekannter Verhältnisse. Während nämlich in demselben weder eine Spur von Schleimendosperm, noch jenes dickwandige Gewebe, noch Stärke vorhanden ist, stossen wir in den Cotyledonarzellen wiederum auf jene bereits bei Mucuna urens beschriebene Amyloidablagerung.

Dieser Befund ist ebenfalls schon von Schleiden in der bei Mucuna urens citirten Arbeit gemacht worden. Dass es sich in diesem Samen nicht etwa um Cellulose, sondern um Amyloidablagerung handelt, konnte durch die von mir angestellten Reactionen nur bestätigt werden.

Auf die nunmehr abgeschlossene Beschreibung der endospermfreien Samen will ich die der endospermhaltigen Samen folgen lassen und bemerke hierbei, dass der Bau der vorhandenen Endosperme und ihr Umfang sehr verschieden ist. Ich werde von den Samen mit nur schwachen Endospermansätzen allmählich zu denen mit sehr grossem Endosperm übergehen. — Das Endosperm liegt zwischen der Testa und den Cotyledonen. — Auch bei der Aufzählung dieser Samen beabsichtige ich, zugleich auf die Cotyledonen näher einzugehen, aus Gründen, die erst im späteren Theile meiner Arbeit deutlich hervortreten werden.

Abrus precatorius.

Der Same veranlasste mich zur Untersuchung, weil ihn bereits Tichomiroff[1]) in das Bereich seiner Betrachtungen gezogen, und ich darin Mehreres für berücksichtigenswerth gefunden habe. Tichomiroff führt den Samen als stärkefrei an. Bei meinen Untersuchungen fanden sich aber in den Cotyledonarzellen vereinzelt liegende Stärkekörnchen vor. Ich bin jedoch nicht ganz sicher, dass ich es mit einem vollständig reifen Samen zu thun gehabt habe, und kann es eventuell transitorische Stärke gewesen sein, die bei der Entwickelung des Samens aufgetreten und nicht vollständig aufgebraucht war[2]). Vom Endosperm ist nur eine Proteïnsubstanzen und Fett enthaltende sogenannte Kleberschicht[3]) vorhanden; vom

1) Tichomiroff, Ueber die mikrochemischen Eigenschaften und den histologischen Aufbau der Samen von Abrus precatorius. Bot. Centralblatt, Bd. VIII, Sitzungsber. der bot. Section der 7. Versammlung russischer Naturforscher und Aerzte zu Odessa.

2) Es ist, worauf Tschirch (in der „Angewandten Pflanzenanatomie“ p. 76) aufmerksam macht, eine ganz verbreitete Erscheinung, dass stärkefreie Samen im unreifen Zustande transitorische Stärke führen.

3) Nach Tschirch („Angewandte Pflanzenanatomie“ p. 46, Anm. 3) enthält die sogenannte Kleberschicht gar keinen Kleber und führt er Folgendes an:

eigentlichen Schleimendosperm nur stellenweise Spuren collabirter Zellen. Der Reservestoff tritt aber hier in einer Form auf, die von Tichomiroff gänzlich ausser Acht gelassen, nämlich in Form schwach lichtbrechender Wandverdickungen, die aus Cellulose bestehen, wie sie Lupinus und Erythrina ebenfalls zeigen. Tichomiroff erwähnt nur, dass die Zellwand porös verdickt sei und aus reiner Cellulose bestehe.

Die Cotyledonen enthalten noch ausserdem im Inhalte ihrer Zellen Fett und Proteïnsubstanzen.

Soja hispida.

Das Endospermgewebe bestand nur aus einer kleinzelligen, Proteïnsubstanzen und Fett enthaltenden „Kleberschicht“. Vom eigentlichen Schleimendosperm waren nur stellenweise Spuren zu entdecken. Auch die Cotyledonarzellen besassen weder Stärke noch secundäre Wandverdickungen, dagegen eine ganz bedeutende Anhäufung von fettem Oel und Aleuron.

Goodia latifolia.

Der Same besitzt in einem Theile der Testa, in der Membran der Palissadenzellen einen violetten Farbstoff. Vom Endosperm sind nur Ansätze vorhanden, und ist die sogenannte Kleberschicht, die Proteïnsubstanzen und Fett enthält, als eine Zellreihe wohl ausgebildet, während vom Schleimendosperm selbst nur sehr geringe Spuren vorhanden sind, so dass von einem eigentlichen Schleimendosperm gar nicht die Rede sein kann. Dagegen findet man in den Zellen der Cotyledonen secundäre Membranverdickungen, Auflagerungen von schwach lichtbrechenden, parallel laufenden Schichten, die besonders an den Ecken der Zellen am stärksten auftreten, und so denselben ein collenchymatisches Aussehen verleihen. Durch wässerige Jodjodkaliumlösung nehmen diese Verdickungen eine Blaufärbung an, bestehen somit aus Amyloidablagerungen. Diese waren bis jetzt in

---

„Unter Kleber versteht man einen Eiweisskörper, der durch Wasser in eine zähe, fadenziehende Masse übergeführt wird. Dieses ist bei den in der „Kleberschicht“ enthaltenen niemals der Fall. Da Oel vorwaltet, kann man die Schicht besser „Oelschicht“ nennen. Möglicherweise finden sich in ihr aber auch stets Fermente.“

den Samen der Cotyledonen von Goodia latifolia nicht bekannt. Im Lumen der Cotyledonarzellen, die stärkefrei sind, befindet sich Aleuron und Fett.

Onobrychis aequidentata.

Vom Endosperm ist nur die sogenannte Kleberschicht als einfache Zellreihe, bestehend aus tafelförmigen Zellen, erhalten, woran sich unmittelbar eine sehr schwache Schicht collabirter Zellen anschliesst, die wohl zum Endosperm zu rechnen sind, aber kaum Spuren von Schleim im Inhalt besitzen. Bei Behandlung eines derartigen Schnittes mit Jodschwefelsäure tritt sofort an der collabirten Zellmembran die Cellulosereaction ein. Die Kleberzellen enthalten Proteïnsubstanzen und Fett. Die Zellen der Cotyledonen sind dünnwandig und haben im Inhalte sehr viel Stärke, ferner Aleuronkörner und fettes Oel.

Anthyllis vulneraria.

Es ist ein nur so kleines Endosperm in dem Samen von A. vulneraria vorhanden, dass man es mit unbewaffnetem Auge nicht erkennen kann. An die sogenannte Kleberschicht, welche einreihig, mit Fett und Proteïnsubstanzen angefüllt ist, schliessen sich vom Schleimendosperm eigentlich nur Ueberreste an, und findet man an einzelnen Stellen collabirte Zellen, an anderen 1—2 wohl ausgebildete Zellreihen mit darauf folgender collabirter Schicht. Hin und wieder sind im Endosperm noch Plasmareste vorhanden.

Die Cotyledonarzellen sind dünnwandig und haben neben sehr viel Stärkekörnern Aleuron und fettes Oel im Inhalte.

Caragana Pygmaea.

Ein kleines Endosperm befindet sich bei diesem Samen, beginnend mit einer „Kleberzellreihe“, an welche sich 2—3 Reihen radial gestreckter Zellen anschliessen. Während die Kleberzellen Proteïnsubstanzen und Fett enthielten, gelang es mir im eigentlichen Endosperm nur äusserst geringe Spuren von Schleim zu constatiren. In den dünnwandigen Zellen der Cotyledonen fand sich eine sehr starke Ablagerung von Stärkekörnchen, die dort zugleich mit Aleuron und Fett vorkamen.

Ononis spinosa.

Das Endosperm ist, wie bei den vorhergehenden Samen, mit blossem Auge kaum sichtbar. Es besteht aus einer einreihigen, dickwandigen, sogenannten Kleberzellschicht und dem Endosperm, welches hier nur aus einigen collabirten Zellreihen gebildet ist, deren Zellen kaum eine Spur von Schleim enthalten. Die Kleberschicht ist mit Proteïnsubstanzen und Fett erfüllt. In den dünnwandigen Cotyledonarzellen ist eine grosse Menge von Stärkekörnchen abgelagert, die mit Aleuron und fettem Oel vermischt sind.

Hedysarum Sibiricum Poir.

Das Endosperm ist ohne Anwendung von Lupe kaum sichtbar und auch in Wasser mittelst Mikroskop betrachtet, von nur geringer Breite. Im Verhältniss zur Testa, in Wasser gemessen, beträgt es kaum die Hälfte derselben. Es beginnt mit einer Reihe tafelförmiger Zellen, der sogenannten Kleberschicht, deren Inhalt aus Fett und Proteïnsubstanzen besteht. Das eigentliche Schleimendosperm, welches sich hieran anschliesst, enthält nur 1—2 Reihen radial gestreckter, fast durchsichtiger Zellen, deren Membranen gleichmässig verdickt sind. Diese secundären Verdickungen bestehen aus Schleim und werden mittelst Jodschwefelsäure gelb gefärbt. Abgeschlossen nach innen wird das Endosperm durch eine schwache, collabirte Schicht. Im Inhalt der Cotyledonarzellen finden wir ziemlich grosse und sehr zahlreiche Stärkekörner, ferner Aleuronkörner und Fett.

Coronilla montana.

Auch bei diesem Samen ist ohne Lupe kaum ein Endosperm wahrzunehmen, es ist jedoch schwach vorhanden. Was die Breite des Endosperms anbelangt, so ist dieselbe bei C. montana sehr verschieden. Während bei einer grossen Anzahl von Samen das Endosperm an den dicksten Stellen, in der Mitte der Testa, in Wasser gemessen durchnittlich eine Breite von 80 Mikr. besass, fand ich es bei einigen Samen bis 160 Mikr., also doppelt so gross. Die gesammte Samenschale betrug 190 Mikr., wovon allein 70 Mikr. auf die Palissadenzellen entfallen. Das Endosperm beginnt hier ebenfalls mit einer Reihe tafelförmiger Kleberzellen, die Proteïnsubstanzen

und Fett enthalten. Hieran schliesst sich das eigentliche Schleimendosperm an. Es besteht aus 3—4 Reihen regelmässiger, radial gestreckter, farbloser, in der Regel gleichmässig verdickter Zellen und wird nach innen abgeschlossen von einer collabirten Schicht. Bei denjenigen Samen jedoch, bei denen ich das Schleimendosperm stärker entwickelt gefunden habe, ist die Verdickung keine so gleichmässige mehr und bemerkt man im Inhalt der Zellen noch vielfach Plasmareste. Bei Anwendung von den Schleim fällenden Reagentien, wie Alkohol und Glycerin entstand eine schwach körnige Fällung; bei Behandlung mit Jodschwefelsäure eine Gelbfärbung der Schleimzellen, bis auf die primäre Membran, welche letztere blau gefärbt wurde.

In dem Verhältniss, wie (gegen Hedysarum) das Endosperm stärker ausgebildet ist, war ein geringeres Vorhandensein von Stärke in den Cotyledonarzellen zu bemerken, welche sich hier zerstreut neben Aleuronkörnern und Fett vorfindet.

Glycyrrhiza echinata und Robinia Pseudacacia.

Das Endosperm dieser beiden Samen ist schwach entwickelt, so dass es im quer durchschnittenen Samen nur bei ganz genauer Betrachtung zu erkennen ist. Es erreicht, in Wasser gemessen, bei Glycyrrhiza beinahe die Grösse der schwachen Testa, bei Robinia Pseudacacia ist dasselbe noch geringer. Die sogenannte Kleberschicht, der erste Theil des Endosperms, ist ein- bis zweireihig, und enthalten ihre Zellen im Inhalt Proteïnsubstanzen und Fett. Die Fortsetzung hiervon, das eigentliche Schleimendosperm, besteht aus 2—3 Reihen radial gestreckter Zellen, deren Schleimmembranen in Wasser aufquellen. Bei Robinia Pseudacacia waren noch vielfach Plasmareste im Inhalt der Schleimendospermzellen zurückgeblieben. Die Cotyledonarzellen beider Samen sind stärkefrei, enthalten aber im Inhalt Aleuronkörner und Fett.

Spartium junceum.

Der mir zu Gebote stehende Same schien nicht ganz zur Reife gelangt zu sein. Sein Endosperm war bereits vollständig entwickelt, aber nicht von grosser Bedeutung, ungefähr von der Grösse der schwachen 34—36 Mikr. dicken Testa. Die einreihige und nur

stellenweise vorhandene „Kleberschicht“ enthielt Proteinsubstanzen und Fett. In dem sich daran anschliessenden eigentlichen Schleimendosperm, dessen radial gestreckte Zellen schwache secundäre Schleimmembranen besassen, fanden sich noch Plasmareste in ziemlich grosser Menge vor. — In den Cotyledonarzellen war keine Spur von Stärkekörnchen wahrzunehmen, nur Aleuron und Fett.

Ornithopus sativus.

Das Endosperm besteht aus mehreren — gewöhnlich zwei bis vier — Reihen sogenannter Kleberzellen und dem eigentlichen Schleimendosperm. Während die Kleberzellen im Inhalt noch mit Proteinsubstanzen und Fett ziemlich erfüllt sind, ist vom Inhalt der Schleimendospermzellen Nichts mehr zu bemerken, da durch die secundären Verdickungen die Auflagerung des Schleimes in der Membran durch die ganzen Zellen eine ziemlich gleichmässige geworden. Die radial gestreckten Zellen sind fast durchsichtig und quellen besonders im Wasser stark auf. Obwohl das Schleimendosperm mit blossem Auge kaum zu erkennen war, hatte es an seiner dicksten Stelle, in Wasser gemessen, infolge seines starken Aufquellens beinahe 150 Mikr. Breite erreicht, so dass es ein halb Mal dicker, als die gesammte 100 Mikr. breite Testa war. Immerhin ist die Verschleimung der Membran noch bei diesem Samen eine ziemlich geringfügige, was sich am besten bei der Behandlung mit Jodschwefelsäure zeigte, indem bei der primären Membran sofort die Blaufärbung eintrat, während es bei den stärker verschleimten Samen erst einer längeren Einwirkung des Reagens bedurfte, um die Reaction hervorzurufen. Der Schleim der secundären Schleimmembran wurde durch Jodschwefelsäure unter Gelbfärbung feinkörnig gefällt.

Die Cotyledonarzellen enthielten keine Stärke, nur Aleuronkörner und Fett.

Galega officinalis.

Das Endosperm von G. nähert sich schon bedeutend in seinen anatomischen Verhältnissen dem seines mächtigeren Schleimendosperms wegen erst später näher zu betrachtenden Samen von Trigonella faenum Graecum, den ich als Typus für eine grosse Anzahl von Endospermen ausführlicher beschreiben werde.

Die Grösse des hornartigen Endosperms ist die $1^1/_2$fache, an den dicksten Stellen sogar doppelte der 60—65 Mikr. starken Testa. An die einreihige, mit Proteinsubstanzen und Fett erfüllte Kleberschicht schliesst sich das eigentliche Schleimendosperm an, dessen Zellen in mehreren Reihen eine radiale Streckung zeigen. Die Fortsetzung hiervon bildet eine collabirte Schicht, welche nach Innen an die Cotyledonen grenzt. Das Lumen dieser regelmässigen Schleimendospermzellen ist nur noch in einzelnen Zellen schwach sichtbar, da durch die secundären Membranverdickungen der Inhalt der Zelle vollständig verdrängt ist. Jodschwefelsäure bewirkt eine Gelbfärbung des Schleimes unter körniger Fällung, und tritt an den secundären Membranverdickungen als Schichtung schwach hervor.

In den Cotyledonarzellen findet man ausser Aleuron und Fett sehr viel zerstreut liegende Stärkekörner.

Cytisus Laburnum.

Die Palissadenzellen der Testa besitzen in der Membran einen schönen grünen Farbstoff. Das Endosperm, welches im grössten Theile des Samens kaum zu bemerken ist, erreicht in der Mitte desselben eine ziemlich bedeutende Dicke und ist schwach hornartig. In seinen anatomischen Verhältnissen schliesst es sich an Tetragonolobus purpureus an, einem wegen seines mächtigeren Endosperms erst im späteren Theile der Arbeit beschriebenen Samen, den ich daselbst als Typus für eine zweite Reihe von Endospermen anführen werde. Das Endosperm beträgt an den dicksten Stellen gemessen $1^1/_2$—$2^1/_2$ Mal die Breite der gesammten Testa. Durchschnittliche Messungen ergaben als Breite der Testa 95 Mikr., als Dicke des Endosperms 170 Mikr. — Die äusserste Reihe des Endosperms bildet die Kleberschicht, die Proteinsubstanzen und Fett im Inhalt führt. An dem sich hieran anschliessenden Schleimendosperm bemerkt man 5–8 Reihen radial gestreckter Zellen und eine darauf folgende Schicht collabirter Zellen. Die radial gestreckten Zellen besitzen, wie bei Tetragonolobus, ein sehr grosses und verzweigtes Lumen. Dasselbe ist begrenzt von einer tertiären Membran[1]) und von Fett

1) Tertiäre Membran, auch Grenzhäutchen (Strasburger) oder Innenhaut genannt. Vergl. Fig. 23 und die dazu gehörige Tafelerklärung.

und Proteïnsubstanzen erfüllt. Legt man einen Schnitt durch das Endosperm in wässerige Jodjodkaliumlösung, so werden die secundären Verdickungen als Auflagerungsschicht sichtbar; durch hinzufliessende Schwefelsäure färben sich sodann die primäre und tertiäre Membran blau, die secundären Schleimauflagerungsschichten werden körnig und gelb. Die tertiäre sich blau färbende Membran quillt bei Einwirkung dieses Reagens zu einer ziemlichen Breite auf.

Die Cotyledonarzellen enthalten Aleuronkörner und Fett, jedoch keine Stärke.

Astragalus.

Das Endosperm der drei von mir untersuchten Species, nämlich A. falcatus, Cicer und galegiformis boten derartig gleichmässige anatomische Verhältnisse, dass sie einer Einzelbeschreibung nicht bedürfen. Sie schliessen sich eng an Trigonella an. Die durchschnittliche Grösse der Endosperme betrug bei allen drei Samen an der dicksten Stelle und in Wasser gemessen circa 120 Mikr., das $2^1/_2$- bis 3fache der Testa. Die äusserste Schicht des Endosperms bildet eine Reihe sogenannter Kleberzellen, deren schwach verdickte, Fett und Proteïnsubstanzen führende Zellen im Verhältniss zu den mächtigen Schleimendospermzellen sehr klein erscheinen.

Das Schleimendosperm besteht aus nur wenigen Reihen regelmässiger, radial gestreckter Zellen und schliesst, wie gewöhnlich, mit einigen collabirten Zellreihen nach Innen zu ab. Die Zellen des mittleren Theiles des Schleimendosperms zeichnen sich durch ihre Grösse aus und erreichen einzelne derselben über 120 Mikr. Behandelt man Querschnitte durch die Endosperme mit Jodschwefelsäure, so wird der in Form secundärer Verdickungsschichten angelegte Schleim körnig und färbt sich gelb. Nach einiger Einwirkung geht diese Färbung ins Bräunliche über und ist besonders dieses Stadium geeignet, um die secundären Verdickungen als parallel laufende Schichten zu erkennen. Die primäre Membran wird erst später gebläut, ist jedoch wegen der dann eingetretenen Dunkelbraunfärbung des ganzen Endospermgewebes schwer als blau gefärbt festzustellen.

Die Cotyledonarzellen sind stärkefrei und enthalten nur Aleuronkörner und fettes Oel.

Trifolium pratense.

Der Same von Trifolium pratense lehnt sich nicht nur im Bau des Endosperms, sondern auch im Bau der Testa sehr eng an Trigonella an. Die an der Spitze abgeplatteten Palissadenzellen der Testa sind von einer Cuticula bedeckt und erreichen 40—45 Mikr. Höhe, 8—10 Mikr. Breite. — 10 Mikr. von der Cuticula entfernt läuft die Lichtlinie quer durch die Palissadenzellen. Im Lumen der Palissadenzellen bemerkt man vielfach kleine Körnchen, die sich durch Eisenchlorid, ebenso wie der Gesammtinhalt des Lumens färben; es sind dieses Plasmakörnchen, die mit Gerbstofflösung imprägnirt sind. Nebenbei sind noch öfters grössere Chlorophyllkörner vorhanden. Das Endosperm beginnt mit einer Reihe quadratischer Kleberzellen, an die sich das eigentliche Schleimendosperm anschliesst. Dieses ist 100—110 Mikr. gross und ist doppelt so dick als die Testa. Die ziemlich grossen Zellen des Schleimendosperms sind gleichmässig verdickt und lassen das Lumen nur noch als schmalen Streifen erkennen. Behandelt man das Schleimendosperm mit Alkohol oder Glycerin, so schrumpft dasselbe ein wenig zusammen, und es tritt eine körnige Fällung des Schleimes der secundären Schleimmembran ein, welche auf Zusatz von Wasser jedoch wieder zum grössten Theil verschwindet.

Jodschwefelsäure färbt die secundären Auflagerungsschichten unter körniger Fällung gelb bis braun, während bei der primären Membran, die stark von Schleim infiltrirt ist, erst nach vorheriger Entfernung des Schleimes durch verdünnte Kalilauge die Cellulosereaction eintrat. Abgeschlossen nach Innen wird das Endosperm durch wenige Reihen comprimirter Zellen.

Die Cotyledonen enthalten neben Aleuronkörnern viel zerstreut liegende Stärkekörnchen; Fett ist nur in geringerer Menge vorhanden.

Melilotus.

Aehnliche Verhältnisse, wie bei dem vorher beschriebenen Kleesamen finden wir bei Melilotus officinalis. Die Palissadenzellen der Testa sind an der Spitze abgerundet. Ihre Höhe beträgt 42 bis 48 Mikr., ihre Breite 5—6 Mikr. Ungefähr in der Mitte der Palissadenzellen befindet sich die sie quer durchziehende Lichtlinie. Im Lumen der Zellen liegen auch hier mit Gerbstoff imprägnirte Plasmakörn-

chen, untermischt mit Resten von Chlorophyllkörnern. Bei den darauf folgenden Trägerzellen fallen, am Querschnitt betrachtet, die am meisten seitlich gelegenen Verdickungsleisten der einzelnen Zellen wegen ihrer besonderen Breite stark ins Auge. Das Endosperm selbst ist 150—170 Mikr. breit, die Testa 90—100 Mikr., so dass es kaum die doppelte Grösse hiervon beträgt. Den am meisten nach aussen liegenden Theil bildet eine einreihige Kleberzellschicht, deren quadratische, verdickte Zellen im Inhalte Proteinstoffe und Fett enthalten. Hieran stösst unmittelbar das eigentliche Schleimendosperm, welches grosse, stark gequollene, farblose Zellen besitzt, deren Wandungen durch secundäre Auflagerungen gallertig verdickt sind, während der Abschluss des Schleimendosperms nach Innen wiederum durch eine collabirte Zellschicht gebildet wird. Legt man einen Querschnitt in Alkohol, so schrumpft das Schleimendosperm unter Fällung des Schleimes zu einem undeutlichen Gerinsel zusammen. Durch reines Glycerin wird das Endosperm vollständig contrahirt, quillt jedoch auf Zusatz von Wasser wiederum zur ursprünglichen Gestalt auf. Bei Behandlung mit Chlorzinkjod tritt eine derartige Verquellung ein, dass die primäre Membran fast verschwindet. Das Endosperm ist bei Einwirkung von Jodlösung farblos; lässt man jedoch Schwefelsäure hinzufliessen, so färben sich unter körniger Fällung die secundären Verdickungen gelb, und es tritt in ihnen eine schwache Schichtung hervor. Die primäre Membran dagegen nimmt erst nach sehr langer Einwirkung die Blaufärbung an.

Legt man das Präparat in Glycerin und Wasser, so verliert die primäre Membran an Deutlichkeit, die secundären Membranen werden körnig, und die Schichtung wird nur schwach deutlich. Die Schichten begrenzen in ähnlicher Weise das enge, kaum sichtbare Lumen, wie bei der Jodschwefelsäurebehandlung. Die Zellen der Cotyledonen sind mit Eiweiss erfüllt, nebenbei enthalten sie viel isolirt liegende Stärkekörner und fettes Oel.

Bei Melilotus indicus, dessen Same ein stark entwickeltes Endosperm besitzt, tritt auf Zusatz von Schwefelsäure zu dem in Jod liegenden Präparate die Schichtung der secundären Schleimmembranen auf's Deutlichste hervor.

Genista paniculata und tinctoria.

Die Palissadenzellen der Testa beider Samen enthalten in der Membran einen schönen grünen Farbstoff[1]) und werden nahe der Spitze der Zellen von einer Lichtlinie durchzogen. Das Endosperm ist hornartig und zeigt das Lupenbild seine stärkste Entwickelung zwischen der Radicula und den Cotyledonen, während an der Spitze der Cotyledonen kaum eine Spur von Endosperm sichtbar ist. Die in Wasser vorgenommene Messung ergiebt bei G. paniculata als Dicke der Testa 100 Mikr., als Dicke des Endosperms 330—340 Mikr.; in der Nähe der Radicula beträgt bei G. tinctoria die Breite des Endosperms nur 120 Mikr., die Breite der Testa 85—88 Mikr., wovon die Palissadenschicht 60 Mikr. in Anspruch nimmt. Eine sehr deutliche Abgrenzung der sogenannten Kleberschicht vom eigentlichen Schleimendosperm ist hier nicht vorhanden, und schliesst sich im Allgemeinen das Endosperm an Tetragonolobus purpureus an. Die sogenannten Kleberzellen enthalten Fett und Proteinsubstanzen. Die Zellen des eigentlichen Schleimendosperms, bei denen ausser der Intercellularsubstanz auch deutlich die äussere Lamelle[2]) zu sehen ist, haben ein grosses sternförmiges Lumen, welches mit Fett und Proteinsubstanzen erfüllt, von einer tertiären Membran begrenzt ist. Die Lumenstrahlen laufen gewöhnlich auf die der benachbarten Zellen zu und werden von diesen nur durch die primäre Membran getrennt. Zwischen der primären und tertiären Membran liegt die Schleimschicht als secundäre Membran. Bei Behandlung eines Schnittes mit Anilinblau werden die im Schleimendosperm vorhandenen Proteinstoffe blau gefärbt, und es wird in den secundären Membranauflagerungen die Schichtung deutlich sichtbar. Jodlösung, sowohl alkoholische, als auch wässerige, färben nur den Inhalt der Zellen gelb, nicht die Schleimmembran. Lässt man jedoch Schwefelsäure hinzufliessen, so tritt sofort unter starker Aufquellung eine intensive Blaufärbung der tertiären Membran, des Grenzhäutchens ein, während die Blaufärbung der primären Membran erst später

1) Schleiden fand den Farbstoff ebenfalls in der Membran bei: Genista candicans, G. canariensis und germanica und bezeichnete denselben als seladongrün.

2) Vergl. Fig. 23 und Tafelerklärung hierzu.

vor sich geht. Die secundären Verdickungen schimmern unter sehr schwacher Gelbfärbung ebenfalls als Schichten hervor. In Folge des starken Aufquellens des Grenzhäutchens schlüpft bei der Jodschwefelsäurebehandlung gewöhnlich der nun braun gefärbte Inhalt des Lumens der Schleimzellen als zusammenhängende Masse aus demselben heraus. — Das Gewebe der Cotyledonen ist dünnwandig und deren Zellen stärkefrei, reich jedoch an Proteinsubstanzen und Fett.

Ulex europaeus.

Die 35—38 Mikr. breite Testa besitzt einen smaragdgrünen Farbstoff in der Membran der Palissadenzellen. Das Endosperm ist wohl entwickelt, ähnelt dem vorher beschriebenen von Genista sehr und schliesst sich daher auch in seinem Bau an Tetragonolobus an, indem seine Zellen ein grosses, mit Proteinsubstanzen und Fett angefülltes Lumen besitzen. Es ist das Schleimendosperm 2—3 Mal so gross, als die Testa und erreicht bisweilen sogar eine Breite von 130 Mikr. Die von der tertiären Membran begrenzten sternförmigen Strahlen der Lumina laufen auf die der benachbarten Zellen zu. Wird auf die secundären Schleimmembranen Jodschwefelsäure gebracht, so tritt ebenfalls eine schwach körnige Fällung und Gelbfärbung des Schleimes ein. Die Cotyledonarzellen haben als Inhalt nur Aleuronkörner und fettes Oel, Stärkekörner sind dagegen nicht vorhanden.

Medicago.

Die Schleimendosperme von Medicago hispida var. arabica, M. sativa und turbinata entsprechen in ihrem anatomischen Bau denen von Trigonella faenum Graecum. Zu äusserst derselben liegt eine einreihige Schicht sogenannter Kleberzellen, mit Proteinsubstanzen und Fett im Inhalt, dann folgt das eigentliche Schleimendosperm. In diesem finden wir radial gestreckte Zellen von ziemlicher Grösse, an deren primäre Membran die secundären Verdickungen sich in Form von Schleim anlagern. Das Lumen ist nur noch als ganz schmaler Spalt vorhanden. Abgeschlossen wird das Endosperm durch eine Lage zusammengedrückter Zellen. Der Zusatz von Glycerin zu einem in Wasser befindlichen Schleimendospermpräparat bewirkt ein Zusammenschrumpfen desselben und Fällung des Schleimes als

körnige Masse, ohne dass die Schichtung deutlich sichtbar wird. Jodschwefelsäure fällt den Schleim ebenfalls körnig und färbt ihn gelb bis braun.

Am stärksten entwickelt ist von diesen drei Medicagoarten das Schleimendosperm bei Medicago hispida. Es ist in Wasser gemessen 170—180 Mikr. breit, nimmt also die dreifache Dicke der Testa ein, welche nur 50—55 Mikr. misst. Die Palissadenzellen dieses Samens sind 28—32 Mikr. hoch, 6—8 Mikr. breit.

Bei M. sativa ist das Schleimendosperm ebenfalls stark, doppelt so gross wie die Testa. Es beträgt seine Dicke 100 Mikr, die Stärke der Testa 50—55 Mikr., wovon die Palissadenzellen 36 bis 38 Mikr. einnehmen. — Weniger stark ist das Endosperm bei M. turbinata. Es sind ausser der Kleberschicht nur 2—3 Reihen grosser Schleimendospermzellen vorhanden, worauf dasselbe von einer schwachen collabirten Schicht nach Innen zu abgeschlossen wird.

In den Cotyledonarzellen finden sich vielfach Stärkekörnchen, ausserdem habe ich noch Aleuronkörner und Fett darin beobachten können.

Lotus hispidus.

Das Endosperm ist, trotzdem der Same äusserst klein ist, dennoch deutlich als hornartige Schicht mit blossem Auge zu erkennen. Es ist $4^1/_2$ Mal so breit als die Testa und beträgt seine Dicke in Wasser 270 Mikr., die der Testa nur 60 Mikr. Die Kleberzellschicht ist einreihig ausgebildet und enthält Proteinsubstanzen und Fett; hieran schliesst sich das eigentliche Schleimendosperm an. In den der Kleberzellreihe zunächst gelegenen, radial gestreckten Zellen findet man noch einzelne derselben ziemlich plasmareich. Die nächsten Reihen bestehen bereits aus farblosen schleimführenden, radial gestreckten Zellen von gleichmässiger Verdickung.

Zu innerst liegt eine collabirte Schicht. Bei einem Querschnitt durch das Endosperm, in Jodjodkalilösung und Glycerin betrachtet, wird in den Zellen die Schichtung in der secundären Schleimmembran unter körniger Fällung schwach sichtbar. Ebenso tritt eine körnige Fällung bei Behandlung mit Jodschwefelsäure ein, unter gleichzeitiger Gelb- bis Braunfärbung der secundären Membranen; die primäre Membran zeigt die blaue Cellulosereaction.

Die Cotyledonarzellen enthalten zwischen den ziemlich reichlich vorhandenen Aleuronkörnern zerstreut liegend fettes Oel und Stärkekörnchen.

Indigofera tinctoria und hirsuta.

Beide Samen besitzen ein hartes, fünf Mal so grosses Schleimendosperm, als die Testa, welches in seinen anatomischen Verhältnissen sich an Tetragonolobus anlehnt. Die stärkere weisse Färbung, welche dem Endosperm dieser Samen und noch einer ganzen Reihe anderer, wie z. B. Ulex, Spartium eigen ist, hängt nach Schleiden damit[1]) zusammen, „dass der Schleiminhalt der Zellen über die Zellmembran und ihre gallertige Verdickung überwiegend hervortritt.“ Die Kleberzellschicht, mit der das Endosperm beginnt, besteht aus einer Reihe regelmässiger, dickwandiger Zellen, die Proteïnsubstanzen und Fett im Inhalt haben. Auch die sich hieran anschliessenden Zellen des eigentlichen Schleimendosperms sind sehr unregelmässig verdickt und ist ihr Lumen noch derartig mächtig erhalten, dass es fast den grössten Theil der Zelle einnimmt. Seine Form ist meist kreisrund, bisweilen länglich, in einzelnen Fällen auch sternförmig. Umgrenzt ist das mit Fett und Proteinsubstanzen ebenfalls erfüllte Lumen von einer tertiären Membran, die bei Behandlung eines Schnittes mit Jodschwefelsäure sehr breit aufquillt und als erste sich blau färbt, also aus reiner Cellulose besteht. Ein wenig später tritt auch bei der primären Membran die Blaufärbung ein, während in den zwischen beiden liegenden Verdickungsschichten der Schleim schwach körnig und gelb gefärbt wird. Die Schichten werden in letztgenannter Membran besonders gut sichtbar im Beginne der Reaction bei Behandlung eines Schnittes mit Jodschwefelsäure.

Die Cotyledonen beider Samen sind stärkefrei und führen nur Aleuron und Fett im Inhalt ihrer Zellen.

Hippocrepis unisiliquosa.

Ein ziemlich bedeutendes Schleimendosperm besitzt der Same von Hippocrepis, wie der Querschnitt, mit der Lupe betrachtet, es

1) Schleiden l. c. p. 21.

gar nicht erwarten lässt. In Wasser quillt es sehr stark auf, so dass es 230—240 Mikr. gross wird. Die Messung der Testa ergab nur 65—70 Mikr., so dass das Endosperm dieselbe um das $3^1/_2$fache ihrer Grösse übertraf. Die einreihige, dickwandige „Kleberschicht" enthält Proteinsubstanzen und Fett. Die Zellen des Schleimendosperms sind ziemlich lang gestreckt und ihre Wandungen gleichmässig verdickt. Aus angeschnittenen Zellen sieht man stellenweise den Schleim körnig herausquellen.

Derselbe ist in der Verdickungsschicht der Zellen als secundäre Membran vorhanden, und ist derartig stark, dass vom Lumen nur noch ein sehr schmaler Spalt vorhanden ist. Bei einzelnen Zellen des Schleimendosperms ist infolge der starken Verquellung in Wasser bereits schwach eine Schichtung in den secundären Schleimmembranen zu beobachten. Recht deutlich tritt dieselbe ein bei Einwirkung von Jodschwefelsäure auf das Schleimendosperm. Dieses Reagens bewirkt zugleich eine intensive Gelbfärbung und körnige Fällung der secundären Membran, während in der primären Membran eine Bläuung erst nach einiger Zeit stattfindet.

Die Zellen der Cotyledonen haben in ihrem Inhalt vorzugsweise Aleuronkörner neben fettem Oel.

Sarothamnus scoparius.
(Spartium scoparium.)

Es besitzt der Same ein sich eng an Tetragonolobus anschliessendes Schleimendosperm, welches $2^1/_2$mal so breit, als die 36 Mikr. dicke Testa ist. Die erste Reihe des Endosperms bildet die sogenannte Kleberschicht, deren Zellen Proteinsubstanzen und Fett als Inhalt besitzen. Die Zellen des Schleimendosperms haben in ihrem ziemlich bedeutenden Lumen, welches von der tertiären Membran begrenzt ist, ebenfalls Proteinsubstanzen und Fett. Jodlösung färbt den Inhalt des Lumen gelb, während die primäre Membran und die sich daran anschliessenden secundären Membranverdickungen, der Schleim ungefärbt bleibt. Lässt man jedoch Schwefelsäure hinzufliessen, so dass beide Reagentien gleichzeitig einwirken, so färbt sich zuerst unter starkem Aufquellen die tertiäre Membran blau, sodann nimmt auch die primäre Membran eine Bläuung an, während die secundären Verdickungen körnig gefällt und gefärbt werden.

Die Zellen der Cotyledonen enthalten Aleuron und Fett, sind jedoch frei von Stärke.

Colutea.

Die beiden untersuchten Species, C. orientalis und C. arborescens, besitzen ein ziemlich hartes, hornartiges und bedeutendes Endosperm. Bei ersterem Samen erreicht es die 4fache Grösse der Testa, bei letzterem ist es $2^1/_2$—3mal so breit als dieselbe. Die Testa selbst ist durchschnittlich 60 Mikr. dick. Die Verschleimung ist in beiden Fällen eine vollständig gleichmässige. Die äussere Begrenzung des Endosperms ist eine einreihige Kleberzellschicht, deren quadratische, verdickte Zellen Proteinsubstanzen und Fett als Inhalt haben.

Der Haupttheil des Endosperms, das eigentliche Schleimendosperm besteht aus grossen, radial gestreckten Zellen, an deren primäre Membran die secundären sich als Schleimverdickungen anschliessen. Die Verdickung erreicht eine derartige Ausdehnung, dass das Lumen zum grössten Theil verdrängt, nur noch als feiner Spalt zurückgeblieben ist. — Bei Behandlung eines Querschnittes mit Jodschwefelsäure wird der Schleim der secundären Membran körnig gefällt, und es treten unter Gelbfärbung die Schichtungen, unter einander parallel laufend, deutlich hervor; die primäre Membran dagegen zeigt durch Bläuung ihre Cellulosenatur. Auch bei Zusatz von Glycerin zu einem in Wasser liegenden Präparate fallen die secundären Membranen bereits als schwach körnige Schichten ins Auge.

Die Cotyledonarzellen beider Samen enthalten als Zellinhalt Aleuronkörner und fettes Oel.

Amorpha glabra.

Das sehr harte, hornartige, mit blossem Auge schon als dicke Schicht sichtbare Endosperm nimmt einen grossen Theil des Samens für sich in Anspruch. Es ist $2^1/_2$—3mal so gross, als die Testa, und hat eine Breite von 96—100 Mikr. Eine Reihe Kleberzellen bilden nach aussen hin den ersten Theil des Endosperms, und schliessen sich an dieselbe drei bis vier Zellreihen des eigentlichen Schleimendosperms an, die denen von Tetragonolobus ähnlich gebaut sind. Die ersteren sind quadratisch, haben schwach verdickte Cellulosewandungen und enthalten als Inhalt Proteinsubstanzen und Fett. Der erste

Theil des Schleimendosperms besteht aus Zellen mit grossem sternförmigen Lumen, welches Fett und Proteinsubstanzen führt, und ist die tertiäre Membran als innerste an das Lumen grenzende Schicht ausgebildet.

Hieran schliessen sich einige Reihen von Zellen an, die langgestreckt sind, und bei denen infolge sehr starker Auflagerung des Schleimes als secundäre Membran das Lumen fast gar nicht mehr zu erkennen ist. Nur ein schmaler Spalt schimmert noch schwach hindurch. Jodschwefelsäure bringt auch hier die bereits vielfach erwähnte Reaction hervor, die Blaufärbung der primären und tertiären Membran und die Gelbfärbung des Schleimes in den secundären Membranen unter körniger Fällung.

Die stärkefreien Cotyledonarzellen enthalten Aleuronkörner und Fett.

Crotallaria verrucosa.

Das hornartige Endosperm von Crotallaria ist $4^1/_2$ mal so gross als die Testa und sehr hart. Die durchschnittliche Breite der Testa beträgt in Wasser gemessen 55 Mikr. Auf die kleinzellige, aus meist quadratischen Zellen gebaute Kleberzellreihe, deren Inhalt Fett und Proteinsubstanzen sind, folgt das grosse Schleimendosperm. Die Zellen desselben sind radial gestreckt und besitzen ein noch deutlich vorhandenes, mit Plasmaresten erfülltes, meist längliches Lumen, an welches die secundäre Membran in Form von parallelen Schleimschichten grenzt. Bei diesem Samen treten die Schichten ganz besonders deutlich auf, so dass sie selbst in Wasser schon als feinkörnige Masse sichtbar sind. — Setzt man zu einem in wässeriger Jodlösung liegenden Präparate Schwefelsäure hinzu, so tritt eine körnige Fällung des Gesammtinhaltes unter Gelbfärbung ein, und es treten noch deutlicher die schön gelb gefärbten secundären Verdickungsschichten hervor. Die mit Schleim infiltrirte primäre Membran färbt sich anfangs durch Jodschwefelsäure ebenfalls gelb, nach Lösung des Schleimes tritt jedoch die blaue Cellulosereaction ein, noch schneller und intensiver nach vorheriger Behandlung mit verdünnter Kalilauge.

Als Inhalt der Cotyledonarzellen ist Aleuron und Fett vorhanden; Stärke fehlt dagegen vollständig.

Trigonella faenum Graecum.

Der Same von Trigonella ist, wie bereits erwähnt, als Typus für eine ganze Reihe von Samen mit anatomisch gleichen Endospermen von mir hingestellt worden, weshalb ich ihn einer genaueren Beschreibung unterwerfen will. In Tschirch's [1]) eben erschienenem Werke sind Zeichnungen des Quer- und Längsschnittes durch die Testa und das Endosperm des Samens aufgenommen worden, weshalb ich es für genügend erachte, auf jene Ausführung hinzuweisen. Besonders zeigt der Querschnitt die auch von mir betrachteten Verhältnisse in recht klarer Weise. Die Samenschale besteht aus den mit einer Cuticula[2]) (c) bedeckten Palissadenzellen (p), auf welche eine Schicht Trägerzellen oder Stützzellen (s) folgt, welche von Harz in seiner Landwirthschaftlichen Samenkunde wenig zutreffend Sanduhrzellen genannt wurden. Den Schluss der Testa und zugleich die Begrenzung gegen das Endosperm bildet ein mehrreihiges, dickwandiges parenchymatisches Gewebe (pr) und eine dasselbe abschliessende collabirte Zellschicht (co). Hieran schliesst sich das grosse Endosperm an, welches aus der Kleber(öl)schicht (k) und dem eigentlichen Schleimendosperm besteht, und die beiden Cotyledonen umgiebt. Bei den Palissadenzellen findet man öfters Gruppen (gr) d. h. 3—5 zusammenhängende Zellen. Eine Lichtlinie (li) durchzieht quer die ganze Palissadenzellreihe, deren Zellen ein noch sichtbares, langgestrecktes Lumen besitzen, welches von aussen nach innen zu breiter wird. In dem breiteren Theile desselben bemerkt man lose liegende Körnchen in grosser Anzahl, welche bei längerer Behandlung mit Eisenchlorid die Gerbstoffreaction zeigen, wie auch die im Lumen vorhandene homogene Masse. Diese Körnchen sind Plasmareste, die mit Gerbstofflösung imprägnirt waren, und welche eingetrocknet ihnen die Gerbstoffreaction verleihen. An Samen von 5 mm Länge und 25 mm Breite betrug die Höhe der Palissadenzellen 70–80 Mikr., deren Breite 12–14 Mikr. In den Trägerzellen, die mit Verdickungsleisten

1) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie.

2) Die Buchstaben beziehen sich auf die von Tschirch dem Holzschnitt 192 beigegebenen Erklärungen.

versehen sind, findet man noch vielfach Reste von Chlorophyllkörnchen.

Das Schleimendosperm ist mächtig entwickelt und von sehr harter, hornartiger Consistenz. Die durchschnittliche Messung an den dicksten Stellen der Testa und des Schleimendosperms in Wasser ergab bei ersterer 170 Mikr., bei dem Endosperm 680—720 Mikr., also die 4—4½fache Grösse der gesammten Testa. Die Kleber(öl)-schicht besteht aus einer Reihe kubischer, dickwandiger Zellen, die kleinere Aleuronkörner und Fett in ihrem Inhalt aufgespeichert haben. Das eigentliche Schleimendosperm, welches als schleimführendes Albumen von Godfrin[1]) schon erwähnt wurde, besteht aus vielen Reihen grosser radial gestreckter Zellen und einer Schicht breit gedrückter Zellen, die eine Begrenzung gegen die Cotyledonen hin bilden. Diese Schleimendospermzellen bestehen aus einer primären und secundären Membran und haben ein schmales, langgestrecktes Lumen, welches in den meisten Zellen noch sichtbar ist und besonders bei Anwendung von Reagentien erst deutlich hervortritt.

Der Ansicht Godfrins, dass vom Lumen keine Spur mehr vorhanden, muss ich daher durchaus widersprechen. Zwischen der primären Membran und dem Lumen ist die ganze Zelle von einer hellen, durchsichtigen Schleimmasse als secundäre Membranverdickung erfüllt. Legt man einen Querschnitt des Samens in Wasser, so quellen die Schleimendospermzellen stark auf. Lässt man zu diesem Präparate allmählich Glycerin hinzufliessen, so wird bei längerer Einwirkung desselben der Schleim körnig gefällt, und es wird die Schichtung deutlich, um dann noch klarer zu erscheinen, sobald man das Präparat statt in Wasser in Jodjodkaliumlösung legt. Diese Schichtung, wie sie die von Tschirch ausgeführte Zeichnung und Fig. 15 meiner Tafel zeigt, besteht aus den sich um den Rand des Lumen anordnenden, parallellaufenden secundären Schleimmembranen. — Legt man ein Präparat in Alkohol, so tritt ebenfalls eine körnige Fällung des Schleimes ein, das Schleimendosperm wird contrahirt, und das ganze Endosperm ist in ein Gerinsel verwandelt, oder wie Godfrin[2]) sagt, in „eine hyaline Masse". — In wenig Wasser gelegt,

1) Godfrin, l. c.
2) Godfrin, l. c.

sieht man an den etwas dickeren Stellen des Schnittes schwach die Schichtungen, d. h. die Verdickungsmembranen durchschimmern, während sie an den dünnen Stellen vollständig fehlen. Bringt man das Präparat in wässerige Jodlösung und lässt Schwefelsäure hinzutreten, so werden bei eintretender Reaction in den meisten Zellen die Schichtungen sehr deutlich; der Schleim wird körnig gefällt und gelb bis braun gefärbt. Die primäre Membran zeigt infolge zu starker Infiltration des Schleimes nur an wenigen Stellen eine schwache Bläuung, die Cellulosereaction.

Nachdem jedoch durch geringes Erwärmen mit verdünnter Kalilauge die Schleiminfiltration aus der primären Membran entfernt ist, zeigt sich in derselben auf Behandlung mit Jodschwefelsäure die Cellulosereaction schon nach sehr kurzer Zeit. — Jodlösung brachte in den Schleimmembranen keine Reaction, ebenso wenig Chlorzinkjod. An denjenigen Stellen, an denen die Schichtung schon in Wasser wahrnehmbar, ist die primäre Membran in Folge der starken Verschleimung undeutlich. — Bei längerem Liegenlassen des Präparates in Wasser verschwindet die primäre Membran immer mehr und mehr, sie verquillt. Ebenso verquillt sie bei Behandlung mit Salpetersäure, Chromsäure, Salzsäure und Schwefelsäure, ohne dass die Innenschichten sich zeigen. Kalilauge bewirkt ein Aufquellen der primären Membran, lässt sie jedoch deutlich sichtbar, während von der Schichtung Nichts wahrzunehmen ist.

Die Cotyledonarzellen sind mit Aleuronkörnern und Fett erfüllt. Es findet sich aber nebenbei viel Stärke, welche schon durch einfache Jodreaction sichtbar wird, und nach vorheriger, successiver Behandlung mit Kalilauge und Essigsäure noch deutlicher hervortritt. Auffallender Weise ist in den bereits citirten Werken von Tichomiroff, Godfrin und Harz Trigonella als stärkefrei aufgeführt, während in den Cotyledonarzellen dieselbe in derartigen Mengen auftritt, dass sie unmöglich einer einigermassen genauen Betrachtung entgehen konnte.

Tetragonolobus purpureus.

Obwohl bereits von Schleiden und Vogel in ihrer Arbeit „Ueber das Albumen, insbesondere der Leguminosen“ [1]) der Same von Tetra-

1) Schleiden u. Vogel, l. c. Taf. XLII, Fig. 38—45 u. Taf. XLIII, Fig. 60.

gonolobus beschrieben worden, habe ich mich dennoch entschlossen, von demselben eine genaue Darstellung zu geben, weil erstens einzelne Unrichtigkeiten der Schleiden'schen Arbeit zu berichtigen sind, zweitens, weil in derselben mehr auf die Entstehung des Albumens Rücksicht genommen, und drittens, weil ich in diesem Samen, seines mächtigen und von Trigonella abweichenden Endosperms wegen, einen Typus für eine zweite Reihe von Endospermen gefunden habe. Wie Fig. 19 zeigt, hat die Testa dieselben Theile wie Trigonella, nur dass zwischen Palissadenzellen und Stützzellen noch eine Reihe kleiner, schwach verdickter Zellen sich befindet. Die Stützzellen (s) zeigen auch eine von Trigonella ganz abweichende Form. Das Endosperm ist äusserst hart, hornartig und nimmt einen sehr grossen Theil des Samens für sich in Anspruch. Es ist 1450 bis 1500 Mikr. gross, während die Breite der Testa nur 270 Mikr. an der stärksten Stelle beträgt. Hiernach ist das Endosperm circa 5 Mal so gross als die Testa. Lässt man den Samen nur einige Zeit in Wasser liegen, so quillt derselbe mächtig auf und das Schleimendosperm wird zur Gallerte. Eine von Neuem vorgenommene Messung zeigt nun die Dicke des Schleimendosperms auf ungefähr 2000 Mikr. angequollen. Den äusseren Theil des Endosperms bildet die einreihige, sogenannte Kleberschicht (kl), deren Zellen Proteïnsubstanzen und Fett enthalten. Die sich hieran anschliessenden mächtigen Zellen des Schleimendosperms lassen ausser der äussersten Begrenzung der Zellen, ausser der primären Membran oder Intercellularsubstanz noch äussere Lamellen deutlich erkennen, wodurch sie sich wesentlich von den Trigonella und ihm ähnlich gebauten Samen unterscheiden. Ferner sind bereits in Wasser die secundären Membranen oder Verdickungsschichten und die tertiäre Membran sichtbar. — Einen anderen Unterschied habe ich darin gefunden, dass die Verdickung hier keine so gleichmässig weitgehende ist, als sie Trigonella zeigt. Vorzüglich haben die der Kleberschicht am meisten benachbarten Zellreihen des Schleimendosperms (schl) ein recht grosses, mit Aleuronkörnern und Fett angefülltes Lumen, welches von der tertiären Membran begrenzt ist. — Je weiter man sich den Cotyledonen nähert, desto gleichmässiger wird die Verdickung, das Fett und Proteïnsubstanzen führende Lumen wird kleiner und verschwindet schliesslich ganz in der das Endosperm

abschliessenden, breitgedrückten, collabirten Zellschicht. Die Ausbuchtungen der Lumina der einzelnen Zellen laufen vielfach auf die der Nachbarzellen zu und werden von diesen nur durch die primäre Membran getrennt. Behandelt man einen Schnitt des Endosperms mit Jodlösung, so wird nur der Inhalt des Lumens gelb bis braungelb gefärbt. In der bereits öfter erwähnten Arbeit „Ueber das Albumen, insbesondere der Leguminosen“ [1]) wird die Vermuthung ausgesprochen, dass dieser mit Jodlösung sich gelb färbende Theil wohl der eigentliche Schleim und die ein wenig blass gefärbten Kügelchen wohl mit Inulin identisch seien. Ich vertrete dagegen die Ansicht, dass wir es hier nur mit Proteïnsubstanzen, Aleuronkörnchen und fettem Oel zu thun haben. Die Schichtung in den Zellen, die bereits in Wasser sichtbar ist, wird bei Behandlung mit Jodjodkaliumlösung und Glycerin noch bedeutend klarer, welch' letzteres eine körnige Fällung des Schleimes zugleich bewirkt. In den secundären Schleimmembranen ergab Jodschwefelsäure eine schwache Gelbfärbung, bei der primären und tertiären Membran eine Bläuung, die etwas schwächer bei den äusseren Lamellen sich zeigte.

Die Cotyledonen enthalten in ihren Zellen ziemlich viel Aleuronkörner zwischen Stärkekörnchen und Oeltröpfchen vertheilt.

Scorpiurus sulcata.

Einen sehr grossen Theil des Samens beansprucht das sofort in's Auge fallende, hornartige, äusserst harte und mächtige Schleimendosperm. Dasselbe ist 750 Mikr. gross und beträgt somit das Fünffache der Testa. Es ist vollständig ähnlich dem Endosperm von Trigonella gebaut, besteht wie dieses aus einer einreihigen Kleberschicht und dem eigentlichen Schleimendosperm, welches von einer Schicht breitgedrückter Zellen nach innen abgeschlossen wird. Die Kleberschicht enthält Proteïnsubstanzen und Fett. Die grossen, radial gestreckten Zellen des Schleimendosperms sind wasserhell und erfüllt die Schleimgallerte der secundären Membran die ganze Zelle derart, dass vom Lumen nur noch ein äusserst geringer Spalt zu bemerken ist.

1) Schleiden u. Vogel, l. c. p. 25 u. 26.

Jodschwefelsäure färbt die Schleimmembranen gelb und fällt sie zu einer feinkörnigen Masse.

Die stärkefreien Cotyledonen enthalten als Inhalt ihrer Zellen sehr grosse Aleuronkörner und Fett.

Cercis Siliquastrum.

Das Endosperm von Cercis erreicht die fünffache Grösse der Testa. Es ist 700 Mikr. gross, von hornartigem Aussehen, aber von etwas weicherer Consistenz. Es ist der Bau der Schleimendospermzellen denen von Tetragonolobus ähnlich, jedoch finde ich das Lumen nicht von derartiger Breite wie bei jenem, doch mehr langgestreckt. Dasselbe wird ebenfalls von einer tertiären Membran begrenzt und besitzt wie die einreihige sogenannte Kleberzellschicht Proteïnsubstanzen und Fett als Inhalt. Zwischen der primären Membran und dem Lumen liegen die secundären Schleimmembranen, die sich durch Jodschwefelsäure gelb färben und sodann als Schichten sichtbar werden.

Die Cotyledonarzellen sind stärkefrei und enthalten nur Aleuron und Fett.

Schizolobium excelsum.

Anatomische Beschreibung nebst Zeichnungen des Samens von Schizolobium sind bereits vorhanden [1]). Es haben mich jedoch die darin bemerkten Unrichtigkeiten veranlasst, noch einmal darauf näher einzugehen. Macht man einen Querschnitt durch den Samen, so zeigt uns das Lupenbild bereits fünf deutlich von einander differenzirte Theile. Die Mitte des Samens nehmen die gelblichen, schmalen Cotyledonen ein, an die sich auf jeder Seite derselben das eigentliche, glasartige, harte Schleimendosperm anlagert. Hieran stösst eine sehr bedeutende, dunkel erscheinende Schicht dickwandiger Zellen, welche durch eine schmalere Zone von hellerer Färbung fortgesetzt und schliesslich durch die epidermatische Schicht beschlossen wird. Von diesen fünf ausgeprägten Theilen sind es vorzüglich das Gewebe dickwandiger Zellen und das Schleimendosperm, welche

1) Schleiden und Vogel, l. c. Taf. XLIII, Fig. 53—55, Taf. XLIV, Fig. 65—67 und Fig. 75.

unsere Aufmerksamkeit näher in Anspruch nehmen, da diese sich besonders von den meisten anderen, bis jetzt anatomisch untersuchten Samen unterscheiden. Die äusserste Schicht des Samens bildet auch hier die Palissadenzellenreihe, deren Höhe 186 Mikr. beträgt und die von einer Lichtlinie durchzogen wird, die 120 Mikr. tief, also ziemlich genau zwischen dem zweiten und letzten Drittheil der Zellen liegt. In dem bereits citirten Werke von Schleiden ist unter Zeichnung 55 die Lichtlinie als bedeutend zu hoch liegend angegeben. — Hierauf folgen einige Zellreihen eines im Lupenbilde sich kennzeichnenden helleren Gewebes, welches aus Trägerzellen besteht, zwischen denen ziemlich grosse Intercellularräume liegen, wodurch das Gewebe ein schwammiges Aussehen erhält. Die Fortsetzung nach innen zu bildet eine sehr grosse, dickwandige, 30 bis 40 Zellreihen einnehmende Schicht, deren einzelne Zellen stark verdickt sind, jedoch noch ein verhältnissmässig grosses Lumen besitzen. Diese Wandverdickung zeigte durch angestellte Reactionen ihre reine Cellulosenatur, und bedauerte ich sehr, da mir kein keimungsfähiger Samen zu Gebote stand, das Verhalten dieser Wandverdickung neben dem Schleimendosperm bei der Keimung nicht beobachten zu können. Diese dickwandige Schicht wurde von dem sehr stark entwickelten Schleimendosperm noch durch eine Reihe, den Trägerzellen ähnlich gebauter Elemente getrennt. Obwohl das Schleimendosperm sehr stark entwickelt ist, erreicht es doch nicht ganz die Grösse der Testa, die durch das Gewebe dickwandiger Zellen von ganz besonderer Ausdehnung geworden. Es beträgt die Breite der Testa 770 Mikr., wovon allein auf die dickwandige Schicht 490—500 Mikr. entfallen. Das Schleimendosperm ist eine vollständig wasserhelle, glasartige Gallerte, welche durch Jodschwefelsäure körnig gefällt und gelb gefärbt wird. Dasselbe beginnt mit einer der Kleberschicht der Gramineen entsprechenden Zellreihe, deren Zellen ebenso wie die Lumina der übrigen Zellen des Schleimendosperms Proteïnsubstanzen und fettes Oel enthalten. An diese sogenannte Kleberschicht schliesst sich das eigentliche Schleimendosperm an, in dessen erstem Theile wenig zusammenhängend, meist vereinzelt liegend die Lumina der Endospermzellen von der tertiären Membran umgrenzt hervortreten, die in ihrem Innern noch vielfach Proteïnsubstanzen und Fett führen. Da es mir gelungen ist, wenn auch nur an wenigen Stellen, die

primäre Membran bei der Jodschwefelsäurereaction zum Vorschein zu bringen, so dienten mir diese Spuren doch als Beweis dafür, dass die nicht sichtbaren primären Membranen nachträglich verschleimen und in die Gallerte hineingezogen werden, ferner als Beweis dafür, dass die zottigen Gebilde nicht, wie Schleiden meint, Zellen seien, sondern die von der tertiären Membran umgrenzten Lumina. Diese Theilchen der primären Membran wie die tertiäre Membran wurden nach längerer Einwirkung von Jodschwefelsäure, also nach theilweiser Zerstörung der Gallerte, blau gefärbt und somit als reine Cellulose charakterisirt. Am stärksten zeigt sich die Schleimgallerte in der Mitte des Endosperms, wo dieselbe vollständig unorganisirt ist. Es ist dort eine Abgrenzungsschicht, selbst in Alkohol betrachtet, sichtbar, womit Schleiden das Endosperm bereits als abgeschlossen betrachtet hat. Dieses ist jedoch nicht der Fall, sondern die Gallerte hat daselbst eine derartige Stärke erreicht, dass selbst die Lumina mitverquollen sind, wodurch diese farblose Masse allerdings leicht zu diesem Irrthum Veranlassung geben kann. Da sich jedoch vereinzelt liegende Lumina noch zeigen, bin ich zu der Ansicht gelangt, dass an dieser farblosen Stelle die Verschleimung ihre höchste Stärke erreicht hat. Ein wenig mehr den Cotyledonen zu gelegen nimmt wiederum das Vorhandensein der Lumina innerhalb der Gallerte zu, um schliesslich in ein mehrreihiges Gewebe auszulaufen, dessen Zellen in der primären Membran sofort durch Jodschwefelsäure blau gefärbt wurden, während der Inhalt kaum eine Gelbfärbung annahm. Diese Zellen enthalten daher wenig Schleim und entsprechen wohl der collabirten Schicht der meisten vorher erwähnten Samen.

Die Cotyledonarzellen des Samens von Schizolobium führen keine Stärke, sondern nur Aleuronkörner und wenig Fett.

Gymnocladus canadensis.

Der Same zeigt ebenso, wie Schizolobium, quer durchschnitten genau und deutlich differenzirt seine verschiedenen Theile, und fällt auch hier besonders das grosse Gewebe dickwandiger Zellen und das glasartige Schleimendosperm stark in's Gewicht.

Bei der mikroskopischen Betrachtung des Samenquerschnittes findet man die 295—300 Mikr. langen Palissadenzellen von einer

Cuticula bedeckt und von einer 95 Mikr. tief liegenden Lichtlinie quer durchzogen. Hierauf folgt eine Trägerzellreihe von 33—35 Mikr. Länge, welche die Palissadenzellen von dem 870 Mikr. grossen Gewebe dickwandiger Zellen trennt. Die dicke Cellulosewandung dieser Zellen wird wahrscheinlich ebenfalls, wie ich es bereits vorher bei ähnlichen Fällen erwähnt, bei der Keimung dünnwandig und dient somit als Reservestoff. Beweisen konnte ich es auch hier ebenso wenig, wie vorher bei Schizolobium und anderen Samen, da mir zur Untersuchung kein keimfähiges Material zu Gebote stand. — Eine schwammartig aussehende Zellenreihe trennt schliesslich dieses Gewebe von dem Schleimendosperm, welches trotz seiner Mächtigkeit nur ungefähr die Breite der dicken Testa erreicht.

Das Schleimendosperm hat, unter dem Mikroskop betrachtet, ein vollständig glasartiges Aussehen und zeigt an seinen verschiedenen Stellen derartige Unregelmässigkeiten, dass man auch an demselben verschiedene Theile unterscheiden kann. Die Mitte des Endosperms betrug ohne die in der Mitte befindliche Gallerte, die ich ihrer Farblosigkeit wegen nicht zu messen im Stande war, gegen 1000 Mikr. Den am meisten nach aussen gelegenen Theil bildet ein 60—70 Mikr. breites Gewebe, dessen Zellmembranen wurmartig gewunden (Fig. 10, a) bis an die Kleberschicht (b) heranreichen; letztere ist einreihig. Die Fortsetzung nach innen ist eine mehr als 500 Mikr. dicke Schicht (c), in welcher man deutlich die von der tertiären Membran begrenzten Zelllumina bemerken kann. Mit der tertiären Membran parallel laufend, zeigen sich die secundären Verdickungsschichten. Vielfach sind noch im Lumen Plasmareste vorhanden. Die Verquellung ist in diesem Theil des Schleimendosperms derartig stark, dass auch in den einzelnen Zellen nachträglich die primäre Membran verschleimt, und in Folge dessen sie nur noch an wenigen Stellen und auch da nur theilweise sichtbar wurde (pr M). Hieran grenzt eine formlose Gallerte (g), die an den angeschnittenen Zellen den ausfliessenden Schleim in Faden und Körnerform hervortreten lässt, während von den Membranen und dem Lumen nicht die geringste Spur wahrzunehmen ist. Diese Gallerte wird schliesslich wasserhell, so dass es mir unmöglich war, speciell an diesem Theile eine Grössenmessung anzustellen. Hier ist der höchste Grad der Verschleimung erreicht und nimmt nun dieselbe an Intensität ab, je mehr sie sich den

Cotyledonen nähert. In der mit (e) bezeichneten 130 Mikr. dicken Schicht sieht man bereits wieder die Lumina der Zellen und deren tertiäre Membranen, stellenweise lassen sich auch schon die secundären Verdickungsschichten beobachten. Das Endosperm schliesst mit 6—8 Reihen regelmässig geformter Zellen (f) ab, und enthalten diese nur noch sehr wenig Schleim. Diese Zellreihen entsprechen wahrscheinlich der collabirten Schicht der früher beschriebenen Endosperme.

Wird ein Querschnitt durch das Schleimendosperm mit Jodschwefelsäure behandelt, so zeigt sich, dass bei Schicht a und f, dem Anfangs- und Schlussgewebe des Endosperms, die primären Membranen sofort blau gefärbt werden, also kaum Schleimspuren enthalten. Im übrigen Theile des Endosperms werden die secundären Verdickungsschichten und die formlose Gallerte gelb bis braun gefärbt; die nur an wenigen Stellen sichtbare primäre Membran bedarf ebenso wie die tertiäre Membran erst langer Einwirkung, um ihre Cellulosenatur zu bestätigen.

In den Cotyledonarzellen ist neben Aleuron und wenig fettem Oel die Menge der Stärkekörnchen eine ziemlich bedeutende. Es ist also bei diesem Samen eine ganz besonders reichliche Anhäufung von Kohlehydraten zu constatiren.

Gleditschia caspica (Fig. 20 und 21).

Eine Beschreibung und Zeichnung des Endosperms von Gled. triacantha haben schon Schleiden und Vogel[1]) vorgenommen. Es fehlte von den Zellen der Schleimendosperme jegliche Andeutung der primären Membran, und waren nur die Lumina und die tertiären Membranen zu sehen.

In Folge dieser Abweichungen von meinem Befunde sah ich mich veranlasst, aus Mangel an einem ganz reifen Samen von Gled. triacantha den ähnlich gebauten Samen von Gl. caspica noch einmal der genaueren Untersuchung werth zu halten.

Es ist dessen grauweisses Endosperm, in Wasser betrachtet, an der dicksten Stelle ungefähr 700 Mikr. gross, während die gesammte

1) Ueber das Albumen, insbesondere der Leguminosen, Taf. XLIII, Fig. 56 und 59.

Testa nur 430 Mikr. breit ist. Hiervon nimmt 220 Mikr. jene stark verdickte Schicht ein, die wir schon bei mehreren Samen der Caesalpiniaceen beobachtet haben.

Das Endosperm, Figur 22 Tafel XVIII, beginnt mit einem schmalen, wurmförmig gewundenen Gewebe (a), welches in die einreihige Kleberschicht (kl) übergeht. An diese schliessen sich eine bis mehrere Reihen kleinerer Zellen an, die ein ziemlich bedeutendes, mit Fett und Proteïnsubstanzen erfülltes Lumen besitzen. Begrenzt wird dasselbe von der tertiären Membran. Die primäre Membran ist hier meistens vorhanden und noch klarer bemerkt man die secundären Verdickungsschichten. In der Mitte des Endosperms sind die Lumina grösser, verästelt und ebenfalls von der tertiären Membran begrenzt. An dieselbe legt sich eine breite, körnige Schleimgallerte (schl g) unmittelbar an; hier sind von der primären Membran nur stellenweise Spuren sichtbar. Die tertiären Membranen, die die Lumina begrenzen, laufen mit ihren sich verzweigenden Strahlen derartig nahe aufeinander zu, dass der zwischen ihnen liegende Raum, infolge Fehlens der primären Membran, einem Intercellularraum ähnelt, wofür er auch von Schleiden gehalten wurde. Er ist in der That aber secundäre Membran, und sprechen dafür die stellenweise bei sehr scharfer Beobachtnug hervortretenden primären Membranen (pr M). Die Verquellung hat hier ihr höchstes Stadium erreicht und nimmt nun nach den Cotyledonen zu ab. Den Schluss des Endosperms bildet eine collabirte Schicht, deren Zellen durch den Einfluss des Wassers sich zu regelrechten Zellreihen gestreckt haben. Durch Reactionen mit Jodschwefelsäure wurden meine Beobachtungen bestätigt. Die vorhandene primäre Membran, auch wo dieselbe nur spurenweise vorkommt, wurde gleich der tertiären Membran nach längerer Einwirkung gebläut, die secundären Verdickungsschichten gelb gefärbt und körnig gefällt.

Die Zellen der Cotyledonen sind stärkefrei und enthalten nur Aleuron und Fett.

Parkinsonia aculeata.

Das Endosperm dieses Samens kann in Bezug auf die anatomischen Verhältnisse dem von Gymnocladus canad. auf's Genaueste an die Seite gestellt werden. Es ist 800 Mikr. dick, vier Mal

so breit als die gesammte Testa; das dickwandige Gewebe ist 130 Mikr. breit.

Vom Endosperm bildet den äussersten Theil die einreihige, mit Proteïnsubstanzen und Fett erfüllte Kleberschicht, die nach innen zu von dem mächtigen Schleimendosperm fortgesetzt wird, welches in der Mitte am stärksten verquollen ist. Von den Zellen des Schleimendosperms ist vielfach nur das Lumen mit der tertiären Membran sichtbar, an die sich die secundäre Membran in parallel mit derselben laufenden Verdickungsschichten anschliesst. — Da die primäre Membran nachträglich in die Verschleimung, in die Gallerte hineingezogen worden ist, tritt dieselbe nur stellenweise zum Vorschein und lässt sich dann am besten durch die Bläuung mit Jodschwefelsäure nachweisen.

Die Cotyledonarzellen enthalten keine Stärke, besitzen jedoch Aleuronkörner und Fett in ziemlich bedeutender Menge.

Cassia.

a) C. corymbosa.

Auch bei diesem Samen begegnet uns ein sehr grosses, hartes, hornartiges, im Querschnitt glasartig aussehendes Endosperm, welches im Allgemeinen Gymnocladus ähnlich gebildet ist. Das Endosperm ist sieben Mal so gross als die gesammte Testa und ist seine Verdickung eine ungleichmässige. Es beträgt, in Wasser gemessen, die Breite der Testa 43—45 Mikr., die Breite des Endosperms 265 bis 270 Mikr. Die äusserste Schicht des Endosperms bilden mehrere Reihen Kleberzellen, die mit Proteïnsubstanzen und Fett erfüllt sind, woran sich das grosse eigentliche Schleimendosperm anschliesst. Die Zellen besitzen ein grosses Lumen, welches von einer wohl ausgebildeten tertiären Membran begrenzt ist. In den meisten Zellen sind die secundären Verdickungsschichten sehr schön sichtbar, auch die primäre Membran ist überall zu sehen; letztere ist also nicht nachträglich, wie wir es bereits bei anderen Endospermen aus der Familie der Caesalpiniaceen beobachtet, in den Schleim hineingezogen. Die primäre und tertiäre Membran sind jedoch derartig vom Schleim infiltrirt, dass eine Cellulosereaction durch Jodschwefelsäure nicht unmittelbar zu erhalten war, sondern eine Behandlung

mit Kalilauge vorangehen musste. Es trat sodann nach langer Einwirkung der Jodschwefelsäure in den genannten Membranen die Blaufärbung ein, aber auch jetzt nur stellenweise. Der Schleim, die secundären Verdickungsschichten, wurden durch letzteres Reagens gelb gefärbt. Es schliesst das Endosperm nach innen mit einer Schicht ab, deren Zellen in Wasser zu regelmässig geformten Elementen sich strecken.

b) Cassia fistula.

Schleiden[1]) hat auch diesen Samen bereits in Bezug auf das Endosperm untersucht. Der grösste Theil des Samens wird von einem ungeheuer harten Schleimendosperm erfüllt, welches an Aussehen dem von Gymnocladus im Allgemeinen gleicht. Es ist dasselbe 1500 Mikr. dick, 5—5½ Mal so breit als die Testa.

Legt man einen Schnitt durch das Endosperm in Wasser, so ist die Aufquellung eine derartig starke, dass selbst Risse in der tertiären Membran entstehen, ähnlich denen, wie die Anfangsstadien bei der Keimung einzelner Samen in den Membranen sie oftmals zeigen. Auch hier verfallen Schleiden und Vogel bei der Beschreibung und Zeichnung ihrer Beobachtungen — weil ihnen die mit in die Verschleimung hineingezogene primäre Membran entging — in den Fehler, die von der tertiären Membran begrenzten Lumina für die gesammten Zellen zu halten, während sie die secundären Membranverdickungen als Intercellulargallerte bezeichnen.

Die Cotyledonarzellen beider untersuchten Species von Cassia sind stärkefrei und enthalten nur Aleuronkörner und Fett.

Ceratonia Siliqua.

Der Same hat ein sehr grosses, mächtig entwickeltes, hartes und dunkelgraues Schleimendosperm, welches an der dicksten Stelle des Samens ungefähr 1,5 mm einnimmt. Es ist im Verhältniss zur Testa 6—7 Mal so breit als dieselbe. Die Zellen der meist einreihigen Kleberschicht enthalten, wie die ziemlich grossen Lumina des

---

1) Von Schleiden und Vogel wurden ausserdem untersucht und mit mächtigem Albumen befunden: Cassia speciosa und Cassia reniformis. Taf. XLIII, Fig. 57, 63 und 64.

eigentlichen Schleimendosperms, Proteïnsubstanzen und Fett. Die Verschleimung im Endosperm ist eine so ausserordentlich starke, dass die primäre Zellmembran genau so wie bei Gymnocladus und anderen Samen nur stellenweise aufzufinden war.

Die Gestalt des Lumens ist eine sehr verschiedene; meistens ist dasselbe sternförmig, zuweilen auch langgestreckt oder verästelt. Die tertiäre Membran läuft gewöhnlich mit ihren strahlenartigen Ausbuchtungen auf die der Nachbarzellen zu. — Die primäre Membran wurde, wenn auch nur stellenweise, jedoch mit Sicherheit von mir beobachtet. Dieses galt mir als Beweis dafür, dass die Verschleimung ebenfalls aus der secundären Membran hervorgegangen, während erst nachträglich die primäre Membran verschleimte. Harz scheint die primäre Membran niemals gefunden zu haben, da er im zweiten Bande seiner „landwirthschaftlichen Samenkunde“ von Ceratonia Siliqua sagt, „dass das Endosperm aus häufig sternförmig, unregelmässig gebauten Zellen bestehe, die die weiten Intercellularräume umschliessen“. Er hält also, ähnlich wie Schleiden und Vogel es von anderen Samen beschrieben hatten, die tertiäre Membran, welche das Lumen meist sternförmig begrenzt, für die primäre Membran der Zelle und die zwischen ihnen liegende secundäre Membran für Intercellularräume. In der Mitte des Endosperms ist die Verschleimung so stark, dass daselbst nur die secundären Schleimschichtungen wahrzunehmen, während die primäre und tertiäre Membran nebst Lumen kaum noch zu erkennen sind. — Den Abschluss des Schleimendosperms gegen die Cotyledonen hin bildet eine Schicht, deren Zellen in Wasser betrachtet zu einem parenchymatischen Gewebe aufquellen; Schleim ist darin wenig enthalten.

Legt man einen Querschnitt durch das Endosperm in Wasser, so treten infolge des starken Aufquellens in der tertiären Membran stellenweise schwache Risse auf. In wässeriger Jodlösung ist die Schichtung sehr gut zu sehen, ohne dass eine Färbung eintritt. Durch Jodschwefelsäure quillt die tertiäre Membran ziemlich breit auf und wird gebläut, der Schleim ist echt und wird gelb gefärbt; die secundären Verdickungen treten als parallel laufende Schichtungen unter körniger Fällung auf's Deutlichste hervor Die primäre Membran vollständig sichtbar zu machen, ist mir weder durch schwaches Erwärmen des Präparates mit verdünnter Kalilauge, behufs Ent-

fernung des Schleimes, noch durch Schwefelsäure, Farbstoffe oder andere Reagentien gelungen. Ich erhielt in solchen Fällen nur ein deutlicheres Bild der tertiären Membran und des Lumens, während von der primären Membran immer nur einzelne Stellen, die noch nicht vollständig in den Schleim hineingezogen worden waren, zum Vorschein kamen.

Die Cotyledonen des Samens enthalten keine Stärke; es besitzen deren Zellen nur Aleuronkörner und fettes Oel.

Auf Grund der Betrachtung der anatomischen Verhältnisse können nun die Samen der Leguminosen, welche Wandverdickungen in ihren Zellen enthalten, in zwei grosse Gruppen getheilt werden:

I. Samen, deren secundäre Wandverdickungen in den Zellen der Schleimendosperme zu suchen sind.

II. Samen, deren secundäre Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen zu suchen sind.

Die erste Gruppe zerfällt wieder in folgende drei Unterabtheilungen:

a) In Samen, bei denen sich an die Intercellularsubstanz oder primäre Membran keine Aussenlamellen anlegen. Bei diesen geht die Verschleimung der secundären Membran derartig weit, dass vom Lumen nur noch ein ganz schmaler Streifen zu bemerken ist. — Trigonella faenum graecum, Melilotus officinalis, Trifolium pratense, Colutea arborescens.

b) In Samen, bei denen an die primäre Membran der Schleimendospermzellen sich noch Aussenlamellen anlegen. In diesen Samen ist die Verschleimung der secundären Membran keine so weitgehende, so dass das Lumen noch in ziemlicher Grösse vorhanden ist. Die innerste an das Lumen grenzende Schicht kann als tertiäre Membran unterschieden werden. — Tetragonolobus purpureus, Genista tinctoria.

c) In Samen, deren primäre Membran durch die Schleimauflagerungen der secundären Membran nachträglich verschleimt ist. Auch bei diesen ist grösstentheils das Lumen noch sehr bedeutend und ebenfalls die tertiäre Membran vorhanden. — Gymnocladus canadensis, Schizolobium excelsum, Ceratonia Siliqua.

Die zweite Gruppe zerfällt in zwei Unterabtheilungen:

a) In Samen, deren Cotyledonarzellen als secundäre Auflagerung Cellulosewandverdickungen haben. — Lupinus albus, L. angustifolius und luteus, Erythrina Corallodendron, Abrus precatorius.

b) In Samen, deren Cotyledonarzellen Amyloidauflagerungen als secundäre Wandverdickungen aufzuweisen haben. — Tamarindus indica, Hymenaea Courbaril, Schotia latifolia, Goodia latifolia.

Entwickelungsgeschichte.

Ueber die Entstehung des Schleimes sind bereits mannigfache Untersuchungen angestellt worden. Frank[1]), der sich entwickelungsgeschichtlich mit den Samen von Linum, Plantago Psyllium, mit dem Rhizom von Althaea officinalis und anderen Pflanzen beschäftigte, hat den Nachweis geliefert, dass der Schleim bei diesen als secundäre Membran und zwar sofort als Schleimgallerte angelagert wird. Das Baumaterial lieferte hierzu die Stärke, welche in den jugendlichen Zellen reichlich vorhanden war und mit deren Auflösung die Entstehung der aufquellbaren secundären Membranen Hand in Hand ging.

Cramer[2]), der derselben Ansicht war, hatte ebenfalls gefunden, dass der Schleim bei den Samen von Linum, Cydonia und Plantago durch secundäre Auflagerungen entstehe, und dass die ursprünglich in den Zellen vorhandenen Stärkekörner sich in Schleim verwandeln. Während er jedoch es für sehr wahrscheinlich hielt, dass die Stärke das Baumaterial für die Bildung des Schleimes von Linum sei, war er doch der Ansicht, dass der geringe Stärkegehalt bei der Quitte nur einen höchst geringen Theil dieses Materials liefern könne.

Einen anderen Vorgang der Schleimbildung beschreibt Frank bei den Orchisknollen, und will ich denselben, da er mit meinen Untersuchungen bei den Leguminosen Aehnlichkeit hat, ausführlich

---

1) Frank, Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. Pringsheim's Jahrb., Bd. V.

2) Cramer, Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zürich, 1885, p. 1.

citiren. — Frank beobachtete die Entstehung des Schleimes in den Spitzen der jungen, im zeitigen Frühjahr sich bildenden Knollen und fand, dass die jüngsten Zellen der Knollen nur mit trübem Protoplasma und grossem Nucleus erfüllt sind. Hierauf sah er in einigen Zellen, unmittelbar am Nucleus anliegend, eine kleine Druse von nadelförmigen Krystallen sich anschliessen, die dann alsbald in einem kleinen, ganz klaren, dem Zellkerne ebenfalls anliegenden Schleimtropfen eingebettet erschienen. „Derselbe ist scharf von dem trüben Protoplasma abgegrenzt, ohne dass sich etwa eine membranartige Umhüllung constatiren lässt; er ist offenbar der Anfang des Zellsaftes in Form einer Vacuolenbildung im Protoplasma. Dieser Tropfen nimmt an Grösse zu, ohne sich mit dem Protoplasma zu vermengen, dieses wird vielmehr, und ebenso der Zellkern, immer weiter gegen die Zellwand zurückgedrängt, während die Krystalldruse, welche indessen ebenfalls grösser geworden, nahezu in der Mitte des kugeligen Schleimtropfens verschleimt. In dem Maasse, als letzterer sich vergrössert, muss natürlich die Menge des Protoplasmas schwinden, es ist alsbald auf einen dünnen Wandbeleg der Membran reducirt und der Zellkern ist derselben dicht angedrückt. In der ausgebildeten Knolle ist endlich vom Protoplasma wie vom Zellkern keine Spur mehr vorhanden, die Zelle enthält lediglich Schleim und in dessen Mitte die Krystalldruse; doch lösen sich, sobald die Zellen ihr Wachsthum abgeschlossen haben, wenigstens im Innern der Knolle die Krystalle wieder langsam auf, während in den peripherischen Theilen sich die Krystalldrusen bis zum nächsten Frühjahr erhalten.“

Bei Symphytum officinale war der Vorgang der Schleimentwickelung ein wenig von den früher beschriebenen abweichend. Frank sah in den Zellen der jugendlichen Organe, noch während sie an Grösse zunehmen, den Zellsaft allmählich eine dickflüssigere Consistenz annehmen, so dass er an der Präparirnadel sich in Fäden zog. In diesem Stadium enthielten ausser anderen Formelementen die Zellen ziemlich reichlich Stärkekörnchen, die mit dem Wachsthum der Zellen und deren Schleiminhalte sich verloren.

Nach Tschirch[1]) ist die nachträgliche Metamorphose selten

1) Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, p. 194.

und scheint auf die Markzellen der Traganthsträucher, die lysigenen Gummigänge und einige andere Fälle beschränkt zu sein. Bei einem Theil der Schleimendosperme der Leguminosen fand ich, dass die als Celluloseschleim angelegte secundäre Membran eine Metamorphose in echten Schleim erleidet. — Tschirch erwähnt ferner, dass auch die Gallertscheide der Algen, die als eine schlüpferige Hülle z. B. die Fäden der in stehenden Gewässern häufigen Spirogyra-Arten aussen umgiebt, nicht durch Umwandlung einer Cellulosemembran sich bildet (einige wenige noch näher zu prüfende Ausnahmen abgerechnet) und wohl stets aus echtem Schleim besteht. Sie zeigt jedenfalls nie die Cellulosereaction, dagegen kommt ihr, wie Klebs [1]) zeigte, eine complicirte Organisation zu.

Sehr bemerkenswerth fand Tschirch ferner die Entstehung der oft enorm grossen Schleimlücken in den Blüthenblättern der Malva alcea und wohl aller Malven und den Kelch und Blüthenblättern von Tilia europaea. Hier wird die Schleimmembran normal durch Auflagerung secundärer Membranverdickungsschichten auf die primäre (Cellulose) Membran gebildet. Die Verdickung und Verschleimung der Membran ist aber eine derartig starke, dass das Lumen fast verschwindet und die Schichtung oft ganz unsichtbar wird. Liegen nun mehrere solcher Schleimzellen neben einander, so verquellen sie bei dem starken Wasserzutritt während der Blüthezeit nicht selten vollständig mit einander, die primären Membranen zerreissen und lösen sich zum Theil in der Schleimmasse, und so findet man alsdann scheinbar lysigen entstandene Schleimlücken.

Abraham [2]) untersuchte die Oberhautzellen einer grösseren Anzahl von Cruciferen, die eine besonders stark entwickelte Zellwandverdickung besitzen und die Eigenschaft haben, mit Wasser benetzt eine aufquellende Gallertmasse auftreten zu lassen. Durch entwickelungsgeschichtliche Studien fand er, dass das Entstehen der Wandverdickungen in den Samenoberhautzellen erst beginnt, wenn diese Zellen die Grösse erreicht haben, die sie bei der Reife des

---

1) Klebs, Ueber die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Arbeit des bot. Inst. Tübingen, Bd. II, p. 333. — Ueber Bewegung und Schleimbildung der Desmidiaceen. Biolog. Centralblatt, 1885, p. 353.

2) Max Abraham, Bau und Entwickelungsgeschichte der Wandverdickungen in den Samenoberhautzellen einiger Cruciferen. Inaug.-Dissertation Königsberg.

Samens behalten, und dass die Wandverdickungen stets derartig gebildet werden, dass auf die schon vorhandenen Schichten sich neue durch Apposition auflagern. Das Baumaterial liefert hierzu die Stärke, welche, vorher in den Zellen reichlich vorhanden, mit dem Auftreten und Stärkerwerden der Verdickungen allmählich gelöst wird.

Godfrin[1]) hat die Entwickelung der Schleimendosperme von Coulteria tinctoria studirt. Die Wände der Zellen waren zuerst äusserst zart und bestanden aus reiner Cellulose. In dem Augenblick jedoch, in dem die Stärke in den Cotyledonen in grossen Mengen auftritt, beginnen die Membranen sich zu verdicken, und zwar findet die Anlagerung direct als Schleim statt.

Eine ganz andere Auffassung über die Schleimbildung zeigt Wiesner[2]). Beim arabischen Gummi führten ihn einzelne Wahrnehmungen auf die Vermuthung, dass ein ungeformtes Ferment die Schleimbildung bewirke, und erklärt er sich die Umwandlung der Kohlehydrate in derselben Weise, wie z. B. die der Stärke durch diastatische Fermente in Dextrin und Maltose. Da den natürlichen Gummiarten auch die vegetabilischen Schleime und Gummiharze nahe stehen, so zog er auch die Schleime in seine Betrachtungen hinein.

C. Reiche[3]) fand eine Methode, welche erlaubt, Gummi von anderen ähnlichen Kohlehydraten, namentlich Dextrin, Zucker, Stärke, Cellulose, mit Sicherheit zu unterscheiden und seine Anwesenheit neben denselben in Gemengen zu constatiren. Kocht man ein Gemenge von Gummi und Orcin mit conc. Salzsäure einige Zeit, so färbt sich die Flüssigkeit roth, hierauf violett und scheidet einen tiefblau gefärbten Niederschlag ab, der in Weingeist löslich ist. Von dem Zutreffen dieser Reaction hat sich Wiesner oft überzeugt, und rührt nach seiner Ansicht diese Reaction nicht von Kohlehydraten, Gummibestandtheilen (Arabin, Cerasin, Bassorin)

---

1) Godfrin, l. c.

2) Julius Wiesner, Ueber das Gummiferment, ein neues diastatisches Enzym, welches die Gummi- und Schleimmetamorphose in der Pflanze bedingt. Sitzungsber. d. k. Academie d. Wissensch. zu Wien, I. Abth., 1885, p. 41—67.

3) Zeitschrift für analytische Chemie, 19. Jahrg., p. 357, nach Chem. news. 38, p. 145.

her, sondern von dem vorhandenen Ferment. (Diastase und Pepsin verhalten sich ähnlich.) Zu den Untersuchungen Wiesner's, ob auch hier ein Ferment die Umwandlung bewirke, dienten die Samen von Linum, Cydonia, Plantago Psyllium u. a. Seine ersten Versuche gaben ein negatives Resultat. Als nämlich der durch Einwirkung von Wasser auf die Samen entstandene Schleim mit Orcinlösung und Salzsäure gekocht wurde, stellte sich die Fermentreaction gar nicht oder nur sehr zweifelhaft ein. Wurden dagegen die den Schleim liefernden Samenschalen der genannten Pflanzen mit Salzsäure und Orcinlösung erwärmt, so stellte sich die Reaction in der prachtvollsten Weise ein. Die Flüssigkeit wurde nach wenigen Stunden rothviolett, sodann violett und schied alsbald einen blauen Niederschlag ab, der sich ebenso, wie der durch das Gummiferment gelieferte verhielt. Als er unter dem Mikroskop die Einwirkung der Reagentien auf die schleimführenden Zellwandpartieen der Quittensamen betrachtete, sah er, dass jene Zellwandschichten, die der Schleimmetamorphose unterliegen, jene Färbungen erkennen lassen, ganz besonders deutlich die unvollständig metamorphosirten Theile, die noch am stärksten mit dem Ferment imprägnirt zu sein scheinen. Bei beendigter Metamorphose schwindet dasselbe wohl vollständig.

Die mikrochemische Reaction stellte er in folgender Weise an: Er legte Schnitte durch das zu prüfende Gewebe in einen Tropfen 4proc. Orcinlösung und bedeckte dieselben mit einem Deckgläschen, wobei er jedoch dafür Sorge trug, dass die Flüssigkeit nicht weit über den Schnitt hinausragte. Hierauf fügte er so viel Salzsäure hinzu, bis der zwischen Deckglas und Objectträger liegende Raum mit der Flüssigkeit erfüllt war. Nachdem er nun schwach erwärmt und auf dem Drahtnetz bis zum Kochen erhitzt, brachte er den erkalteten Objectträger unter das Mikroskop. Im Plasma war sodann die violette oder blaue Färbung, resp. in den Zellwänden zu constatiren, wenn die Metamorphose bereits im Gange war. Er war also der Ansicht, dass ein Ferment die Umwandlungen in Schleim verursache, und stellte er dieses Ferment in die Kategorie der stärkeumbildenden oder diastatischen Enzyme, welches sich dadurch von diesen unterscheidet, dass es die Stärke wohl in Dextrin, nicht aber in eine reducirende Zuckerart umzusetzen im Stande ist.

Um diese Reaction kennen zu lernen und dann zu verwerthen,

stellte ich dieselbe zunächst am Endosperm eines Weizenkornes an, bei dem das Vorhandensein von Diastase ausser Frage stand, und erzielte hiermit, besonders bei einer Modification der Reaction, ein positives Resultat, es trat eine schöne Violettfärbung ein. Den Schnitt legte ich in einen Tropfen Orcinlösung, erwärmte dieselbe, bis sie fast zur Trockne verdampft war, und setzte nach dem Zufliessenlassen von Salzsäure das Erwärmen noch einige Zeit fort. Desgleichen erzielte ich eine Bläuung der Schleimanlagen bei gleicher Behandlung noch nicht ganz reifer Samen von Linum usitatissimum, während dieselbe bei reifen Samen ausblieb.

Niemals ist mir eine Reaction mit Orcinlösung und Salzsäure bei den Schleimendospermen der Leguminosen gelungen, weder bei ruhenden Samen derselben, noch bei solchen, die ich in den verschiedensten Entwickelungsstadien untersuchte. Die Bildung der Schleimverdickungen ist bei diesen also sicherlich nicht von einem diastatischen Enzym abhängig. — Die Schleimendosperme der Leguminosen muss ich, soweit ich meine Untersuchungen anzustellen im Stande war, entwickelungsgeschichtlich in zwei Gruppen theilen, in solche, bei denen die Zellen des Schleimendosperms derartig mit Schleimgallerte erfüllt sind, dass vom Lumen nur noch ein schwacher Spalt vorhanden, wie Trigonella, und zweitens in Endosperme, in deren Zellen die Verschleimung nicht so weit gediehen ist, sondern noch ein ausserordentlich grosses Lumen vorhanden ist, wie bei Tetragonolobus u. a.

Trigonella Faenum graecum.

Nachdem die Entwickelung des noch unverdickten Endospermgewebes in sehr jungem Stadium bereits beendigt, brechen erst die Cotyledonen durch dasselbe sich Bahn. — Als ich in einem so jungen Stadium die grünen Samen von 2,5 mm Länge und 1,5 mm Breite untersuchte, fand ich die Schleimendospermzellen von einer dünnwandigen primären Membran umgeben, während in der Mitte, unter dem feinkörnigen Plasma, welches den Zellkern sehr deutlich nebst Kernkörperchen erkennen liess, die jüngsten Anlagen des Schleimes in Form von 2—3 Schleimvacuolen sichtbar wurden (Fig. 16). In der parenchymatischen Schicht der Testa waren kleine transitorische Stärkekörnchen aufgetreten. — Als wenige Tage

später auch die Cotyledonen sich bereits entwickelt hatten, fand ich in deren Zellen sowohl wie in denen der Stützzellen- und parenchymatischen Schicht der Testa eine starke Anhäufung von transitorischer Stärke. Die Endospermzellen dieser 4,2 mm langen, 2,5 mm breiten Samen waren noch dünnwandig, dagegen hatte die Anzahl der in den Endospermzellen vorhandenen Schleimvacuolen zugenommen. Diese waren in einzelnen Zellen zu einer grossen Schleimblase zusammengeflossen, in der man den Schleim sogar schon in Wasser betrachtet, als äusserst feinkörnigen Inhalt wahrnehmen konnte (Fig. 16, S). Das Plasma war mit dem Zellkern durch diese Schleimblase an die primäre Membran zurückgedrängt, und hatte durch dieses Anpressen an die Wandung der vorher runde Zellkern eine längliche Form angenommen. — Spätere Stadien zeigten von Tag zu Tag Veränderungen, es hatte die Anlage der secundären Membranverdickung direct als echter Schleim (Jodschwefelsäure-Gelbfärbung) durch Apposition begonnen, wodurch das Lumen wiederum in der Mitte der Zelle seinen Platz erhielt. Je weiter nun die Schleimablagerung an Dicke gewann, desto mehr verschwand das Lumen und blieb schliesslich nur noch als feiner Spalt zurück. — Als das Schleimendosperm seine vollständige Ausbildung beendigt, hatten die vorher erwähnten, mit Stärke erfüllten Theile immer noch eine äusserst starke Anhäufung von transitorischer Stärke aufzuweisen, ja im Inhalt der Schleimendospermzellen waren einzelne zerstreut liegende Stärkekörnchen zu treffen.

Colutea brevialata.

Wie der Bau der Schleimendospermzellen im ruhenden Samen von Colutea denen von Trigonella gleiche Verhältnisse zeigte, so war auch die Entwickelungsgeschichte beider Samen analog. — In den jungen, grünen, 2 mm langen, 1,2 mm breiten Samen der aufgeblasenen Hülse war das Endospermgewebe zwar schon gebildet, die Zellen desselben waren jedoch noch dünnwandig. Ich beobachtete auch hier in dem Plasma zerstreut liegende Schleimvacuolen, die späterhin in eine grosse Blase zusammenflossen und ebenfalls das Plasma an die Wandung zurückdrängten. In der Testa und zwar hauptsächlich in der parenchymatischen Schicht waren sehr viel Stärkekörnchen vorhanden. — Nun begann die Anlage der secundären

Wandverdickungen als echter Schleim, und es trat das Plasma wieder in die Mitte. Mit dem Stärkerwerden der verdickten Schleimmembran verschwand jedoch das Lumen immer mehr und mehr. Die Cotyledonarzellen zeigten in diesem Stadium ebenfalls viel Stärkeanhäufung.

Bei Samen, deren Länge 5,5 mm, deren Breite 5 mm und deren Dicke 3 mm betrug, war der Process der Schleimbildung beendigt. Ich bemerkte in den Zellen, die vom Lumen nur noch einen schmalen Spalt erkennen liessen, schon in Wasser eine äusserst feinkörnige Schleimmasse, die durch Jodschwefelsäure unter körniger Fällung gelb gefärbt wurde und sogar bereits eine schwache Schichtung zeigte. Die Blaufärbung der primären Membran trat erst nach einiger Zeit ein.

Bei den Samen von Astragalus falcatus ergaben sich, entwickelungsgeschichtlich untersucht, dieselben Verhältnisse.

Tetragonolobus purpureus.

Der ruhende Samen von Tetragonolobus ist von mir als Typus einer ganzen Reihe von Samen bereits in dem anatomischen Theile meiner Arbeit berücksichtigt worden.

Die ihm in Bezug auf das Schleimendosperm ähnlich gebauten Samen zeigen auch, was die Entwickelungsgeschichte desselben anbelangt, einen ihm analogen Aufbau.

Die jüngsten Stadien weichen von den vorher beschriebenen Samen durchaus nicht ab, es entstehen ebenfalls Schleimvacuolen, die schliesslich zu einer Blase zusammenfliessen. Die Stützzellen- und parenchymatische Schicht besitzen auch ungeheuer grosse Stärkeanhäufungen, weniger jedoch die Cotyledonen. Die Anlage der secundären Verdickungsschichten weicht jedoch von der der vorher beschriebenen Samen wesentlich ab, und zwar erfolgt dieselbe hier zunächst als Cellulose. Es rief Jodschwefelsäure eine intensive Bläuung der primären Membran, dagegen nur eine lichtblaue Färbung der secundären Verdickungsschichten hervor.

Die Metamorphose dieser Celluloseanlagerung in echten Schleim beobachtete ich bei einem ihm gleich gebauten Samen von Indigofera hirsuta, von dem mir alle Entwickelungsstadien zu Gebote standen, weswegen ich auch diesen einer genaueren Beschreibung würdigen will.

Indigofera hirsuta.

Das Endospermgewebe hatte im jugendlichen Stadium dünnwandige, mit plasmatischer Masse erfüllte Zellen, die von einer primären Membran umgrenzt waren. Der Zellkern mit Kernkörperchen war sehr deutlich ausgebildet. — Einige Tage später fand ich in den jungen, 3 mm langen und 2,5 mm breiten Samen mehrere Schleimbläschen von verschiedener Grösse, die als runde Schleimvacuolen in feinkörnigem Plasma eingebettet lagen. Diese kugelförmigen Vacuolen waren sofort von den körnig umgrenzten Plasma-Hohlräumen mit Leichtigkeit zu unterscheiden, auch dadurch, dass durch Glycerin nach längerer Einwirkung ihr Inhalt feinkörnig wurde. Nach nur wenigen Tagen hatten in den meisten Zellen diese Schleimbläschen sich zu einer grösseren Schleimblase vereinigt, welche letztere das Plasma derartig an die Wandung presste, dass es nur noch als schmaler Spalt sichtbar blieb.

Auch hier begann nun nach und nach der Verbrauch der Schleimblase durch das Plasma zur Anlage des Schleimes an die Wandung, und es trat wiederum dementsprechend das Plasma in die Mitte der Zellen.

Bei einem 4 mm langen, 3,5 mm breiten, 2 mm dicken, schon etwas härteren Samen, dessen grüne Farbe in die gelbliche überzugehen begann, bemerkte ich, dass die secundären Membranverdickungen schon ihre endgiltige Breite erreicht, und dass die Verdickung als Cellulose angelegt wurde. Ich erhielt mit Hilfe von Jodschwefelsäure eine tiefblaue Färbung der primären Membran und eine nur schwache, lichtblaue Färbung in den secundären Verdickungsschichten. Die tertiäre Membran war noch nicht gebildet. Nach Verlauf von zehn Tagen war auch diese bereits vorhanden. Als ich nun von Neuem Jodschwefelsäure hinzufliessen liess, sah ich, dass die Metamorphose der angelegten Celluloseverdickung in echten Schleim bereits geschehen. Es war im Beginne der Reaction eine äusserst schwache Bläuung der secundären Verdickungsschichten in einzelnen Zellen zwar noch eingetreten, dieselbe wurde jedoch sofort durch eine Gelbfärbung verdeckt.

In den Schleimendospermzellen hatte ich in keinem Stadium transitorische Stärke beobachten können, dagegen trat sie in den

Cotyledonen und ganz besonders in der parenchymatischen Schicht der Testa sehr reichlich auf.

Die Entwickelungsgeschichte der dem Schleim verwandten Amyloidauflagerungen in den Cotyledonen beobachtete ich an den Samen von Goodia latifolia, und waren folgende drei Stadien für die Anlage des Amyloids charakteristisch.

Ein noch grüner, 3,5 mm langer, 2,2 mm breiter, 1 mm dicker weicher Same zeigte bei mikroskopischer Untersuchung der Cotyledonen dünnwandige Zellen, bei denen noch keine Spur von Auflagerung vorhanden (Fig. 1). Bei einem derartigen Schnitt trat, mit wässeriger Jodjodkaliumlösung behandelt, auch keine Reaction ein, dagegen färbte sich auf Zusatz von Schwefelsäure die primäre Membran blau, sie bestand also aus reiner Cellulose.

In einem weiteren Stadium, in Samen von 5 mm Länge, 3 mm Breite und 2 mm Dicke, deren Consistenz auch bereits eine härtere war, beobachtete ich schon schwache Auflagerungsschichten, die direct als Amyloid angelegt wurden (Fig. 2): es trat beim Hinzufliessen einer wässerigen Jodjodkaliumlösung bei ihnen eine helle Bläuung ein. — Bei einem Samen, dessen äussere Schale bereits gelblich, an mehreren Stellen bräunlich geworden und der 5,5 mm lang, je 5 mm breit und dick war, hatte die gesammte Amyloidauflagerung in Form von lichtbrechenden Schichten ihr Ende erreicht. Zellen aus einem derartigen Präparat sind in Fig. 3 dargestellt, und zeigen uns die Cotyledonarzellen in vollendeter Entwickelung. Das Plasma ist in dem Präparate contrahirt. Wässerige Jodjodkaliumlösung färbte das Amyloid intensiv blau.

Diese Beobachtungen ergaben mir demnach folgende Resultate: Die Anlage des Schleimes im Schleimendospermgewebe der Samen der Leguminosen beginnt mit dem Auftreten von Schleimbläschen in den Zellen, die später zu einer grösseren Blase zusammenfliessen, welche hierauf zum Bau der secundären Schleimmembran Verwendung findet. Die Anlage erfolgt bei einem Theil der Samen direct als echter Schleim, bei einem zweiten Theil derselben als Cellulose, die späterhin durch Metamorphose ebenfalls in echten Schleim übergeht.

Zu der ersten Classe gehören sämmtliche Samen, die Trigonella faenum graecum gleich gebaute Endosperme besitzen, wie Colutea arborescens, C. brevialata, Astragalus falcatus; zur zweiten Classe jene an Tetragonolobus purpureus sich anschliessenden Samen, wie Indigofera hirsuta, Genista tinctoria, Ulex europaeus.

Was die Bildung des Amyloids in den Cotyledonen betrifft, so findet man in den jüngsten Stadien die Zellen von nur zarten Cellulosewandungen umgeben. In einem späteren Stadium findet an jeder Seite der primären Membran eine schwache Anlagerung statt, die nach und nach zu einer dicken Schicht wird. Die Anlagerung geschieht direct als Amyloid.

Keimung.

Um die Function der in den Cotyledonen und dem Endosperm vorkommenden Kohlehydrate näher zu ergründen, habe ich mit Ausnahme von Stärke und fettem Oel, die als Reservestoffe längst erkannt sind, verschiedene Keimungsversuche angestellt, welche mir ein positives Ergebniss lieferten. Zunächst hatte ich das Verhalten der secundären Auflagerungen in den Cotyledonarzellen sowohl in Form von Cellulose, als auch in Form von Amyloid, sodann die secundären Verdickungen in den Zellen des Schleimendosperms bei der Keimung studirt. Als ein für die Untersuchung der Cellulose-Wandauflagerungen sehr geeignetes Object habe ich den Samen von Lupinus angustifolius gewählt, für die der Amyloidverdickungen Goodia latifolia und für das Verhalten der Schleimendosperme bei der Keimung die Samen von Tetragonolobus purpureus und Trigonella faenum graecum. — Die Keimungsversuche wurden, nachdem die Samen in Leitungswasser angequollen, in einem feuchten Raum auf Fliesspapier vorgenommen.

Lupinus.

Bei der Einquellung in Wasser fand ich, dass die Samen von L. albus und L. angustifolius infolge der sehr starken Wandauflagerungen in den Cotyledonarzellen schon nach einigen Stunden

bedeutend aufgequollen waren, während bei L. luteus die Quellung langsamer vor sich ging und die aufgequollenen Samen nicht die Grösse jener erstgenannten erlangten. Aus diesen Unterschieden bei der Einquellung von Samen mit verschieden stark dicken Auflagerungsschichten in den Cotyledonarzellen habe ich zunächst den Schluss gezogen, dass diese secundären Wandverdickungen, wenn auch nur in zweiter Linie, als Quellgewebe dienen.

Nachdem die Samen zu keimen begonnen und die Radicula herausgekommen war, hatte ich meine Aufmerksamkeit besonders auf Lupinus angustifolius gerichtet. Am ersten und zweiten Tage war noch keine nennenswerthe Veränderung im Samen zu bemerken, am dritten Tage zeigten sich einige äusserst kleine, zerstreut liegende Stärkekörnchen und die secundären Wandverdickungen waren im Anfangsstadium der Auflösung begriffen. — Am fünften Tage hatte die Radicula eine Länge von über 35 mm erreicht. Die parallel liegenden Auflagerungsschichten in den Cotyledonarzellen waren nun stark aufgequollen, so dass sie eine zusammenhängende Masse bildeten. Nur an wenigen Stellen konnte man noch die ursprünglich parallel laufenden Schichtungen erkennen.

Ferner beobachtete ich in den Cellulose-Auflagerungsschichten dicht neben einander liegende Streifungen, radiale Risse, ein deutliches Zeichen, dass der Auflösungsprocess jetzt stark im Gange war. Aeusserst kleine Stärkekörnchen waren in grösserer Menge aufgetreten und wurden dieselben durch Bläuung mit Chloralhydratjodlösung als solche deutlich identificirt. Am siebenten Tage war die Auflösung noch weiter gediehen, die radialen gleichmässigen Risse hatten eine keilförmige Gestalt angenommen (Fig. 8), sie waren von ungleicher Länge und nun über die ganze Auflagerungsschicht verbreitet; dementsprechend hatten sich auch die Stärkekörnchen vermehrt. — An Samen, bei denen die Testa bereits abgeworfen war, beobachtete ich, dass nun eine Corrosion neben der Auflösung durch Risse vor sich gehe. Die Auflösung erfolgt von innen her, so dass die keilförmigen Risse ihre breite Seite an der tertiären Membran haben und von innen nach aussen spitzer zugehen. In einem weiteren Stadium, bei jungen Pflänzchen, bei denen die Radicula 40 mm lang und die Plumula eine Höhe von 80 mm erreicht hatte und bei denen die ersten Blättchen zwischen den Cotyledonen

hindurchgebrochen waren, fand ich schon Chlorophyllkörnchen in den Cotyledonarzellen vor. In denjenigen Zellen, in denen noch wenig Chlorophyll vorhanden, waren die Verdickungsschichten verhältnissmässig stark; in denjenigen jedoch, in welchen es schon in grösseren Mengen auftrat, waren die secundären Wandverdickungsschichten nur noch stellen- und spurenweise vorhanden. Am 19. Tage untersucht, fand ich, dass die Cotyledonen an ihrer nach aussen gelegenen Seite die grüne Farbe eingebüsst hatten, dass sie bräunlich wurden und einzuschrumpfen begannen. Die Radicula war 6 cm lang, das hypocotyle Glied betrug 10 cm. Eine Beobachtung an der eingeschrumpften Seite des Cotyledons zeigte nun, dass in den meisten Zellen keine Spur von Wandverdickung mehr vorhanden, dass in einzelnen jedoch noch geringe Spuren sichtbar waren. — Der nach innen gelegene Theil des Cotyledons, glatt und grün, hatte noch ziemlich erhebliche secundäre Wandverdickungen in einzelnen Zellen, während andere sie schon ganz verloren hatten. — Eine bedeutend spätere Untersuchung bot mir ein dünnwandiges Cotyledonargewebe, und nur sehr wenige Zellen waren in der Aufzehrung der Verdickungen zurückgeblieben. — Das Verhalten bei der Keimung zeigte mir also, dass zunächst bei der Auflösung in den secundären Verdickungsschichten Risse sich bilden, und dass dann Corrosion und Abschmelzung eintritt. Mit der Aufzehrung der Wandverdickungen geht das Auftreten von Stärke und Chlorophyll Hand in Hand. Das Verschwinden der Wandauflagerungen durch Abschmelzung, die letzten Stadien des Processes, gehen durchaus unregelmässig in den Zellen vor sich.

Da nun die Wandverdickungen bei der Keimung der Samen aufgelöst, d. h. aufgebraucht werden, so ersieht man hieraus, dass die Celluloseauflagerungen in den Cotyledonarzellen in erster Linie Reservestoffe sind.

Goodia latifolia.

Beim Einquellen des Samens von Goodia fand eine erhebliche Vergrösserung seines Volumens statt, was wohl hauptsächlich ebenfalls auf die in den Cotyledonarzellen vorhandenen secundären Wandverdickungen, die hier in Gestalt von Amyloid auftreten, zurückzuführen ist. Eine Veränderung der Substanz hatte das Einquellen in

Wasser nicht hervorgerufen, wovon ich mich durch Behandlung eines Schnittes mit wässeriger Jodjodkaliumlösung überzeugte. Es trat hiermit dieselbe Reaction ein, wie sie bereits im ruhenden Samen von mir beobachtet worden ist. Im gekeimten Samen, dessen Radicula 15 mm aus der Testa herausragte, waren Körnchen von transitorischer Stärke in ziemlicher Menge aufgetreten, dementsprechend war auch die Lösung der Amyloidauflagerung bereits im Gange. — Als Anfangsstadium habe ich nicht, wie bei Lupinus, das Auftreten von Rissen beobachten können, sondern es findet unter starkem Aufquellen eine Abschmelzung der Verdickungen statt. Dieser Vorgang vollzieht sich nicht in der ganzen Zelle zu gleicher Zeit, sondern erscheint vollständig ungleichmässig an einzelnen Stellen der Amyloidauflagerung (Fig. 4). — Am besten kann man die ungleichmässige Abnahme des Amyloids beim Eintreten der Amyloidreaction mit Jodjodkaliumlösung beobachten. Es findet an einigen Stellen der Zellwandung keine Bläuung mehr statt, während an anderen Stellen die secundäre Membranverdickung noch ihre ursprüngliche Reaction ohne jegliche Veränderung zeigt. In einem wenige Tage älteren Stadium beobachtete ich, dass, nachdem das Abschmelzen weitere Fortschritte gemacht, auch hier deutlich sichtbare, keilförmige und spitze radiale Risse entstehen (Fig. 5). — Am 16. Tage nach der Einkeimung war die Radicula 24 mm lang und an der Plumula waren die ersten Blättchen hervorgebrochen. Es zeigte sich nun bei der Beobachtung der Cotyledonen, dass die meisten Zellen mit Chlorophyllkörnern stark angefüllt waren und nur noch Spuren von secundären Membranauflagerungen besassen. Bei denjenigen Zellen aber, bei denen die Chlorophyllkörner im Plasma noch nicht vorwiegend aufgetreten waren, war noch eine grössere Menge der secundären Membranauflagerung vorhanden. Bei diesen zeigte sich in der Wandverdickung durch wässerige Jodlösung eine nur schwach hervorschimmernde Bläuung (Fig. 6); das Amyloid hatte also schon sehr stark durch Abschmelzung abgenommen. — Am 21. Tage war das Auftreten von Corrosion und Rissen in den noch übrig gebliebenen Auflagerungen sehr bedeutend, worauf von Neuem Abschmelzung eintrat. — Zum Schluss verschwand die secundäre Membranverdickung durch weiteres Abschmelzen vollständig; das Auftreten und die Zunahme der Stärke und dann der Chlorophyll-

körner in den Cotyledonarzellen hielt mit diesen Keimungsstadien ebenfalls gleichmässig Schritt.

Ein weiteres Stadium zeigte nur noch ein dünnwandiges Cotyledonargewebe, und waren nur sehr vereinzelte Zellen in der Lösung des Amyloids zurückgeblieben.

Dieser Versuch lehrt, dass das Amyloid ebenfalls in den Cotyledonarzellen Reservestoff ist, und dass die Auflösung des Amyloids ziemlich ungleichmässig verläuft. Es beginnt seine Lösung zunächst mit einer Abschmelzung, worauf Risse und Corrosion eintreten; schliesslich verschwindet die Auflagerung in den Cotyledonarzellen durch Abschmelzen vollständig.

Tetragonolobus purpureus.

Eine grössere Anzahl dieser äusserst harten Samen legte ich zum Aufquellen in Wasser und sah hierbei, dass infolge des grossen Schleimendosperms dieselben sehr schnell und äusserst stark aufgequollen waren. Die Quellung ging bei einer grossen Anzahl dieser Samen mit einer derartigen Macht vor sich, dass vielfach die starke Samenschale gesprengt und der Same im gequollenen Zustande das Dreifache seines früheren Volumens erreichte. Mehrfach angestellte Messungen zeigten, dass die Cotyledonen nur unbedeutend an Grösse zugenommen, und die Volumvermehrung fast nur allein auf das Endosperm zurückzuführen war.

Den gequollenen Samen brachte ich in einen feuchten Raum, worin derselbe keimte, und nun stellte ich in den verschiedenen Stadien Untersuchungen wegen etwaiger Veränderungen in den secundären Wandverdickungen der Schleimendospermzellen an.

Beim aufgequollenen und sodann gekeimten unverletzten Samen schmiegte sich die Testa nebst dem Endosperm so stark an die Cotyledonen an, dass die letzteren beim Aufschneiden des Samens aus der Samenschale herausschlüpften. Eine allgemeine Auflockerung des Gewebes hatte ebenfalls stattgefunden. — Als nach einigen Tagen die Radicula aus der Samenschale herausragte, zeigte ein Querschnitt durch das Endosperm, dass der Schleim in der secundären Membran der Endospermzellen eine etwas flüssigere Consistenz angenommen, und dass in der tertiären Membran sich feine radiale Risse gebildet hatten. Der Zwischenraum zwischen tertiärer und primärer

Membran war kleiner geworden und die Zelle, wie das Lumen hatten sich ein wenig abgerundet (Fig. 13). An Samen, bei denen die Radicula 8 mm aus der Testa herausragte, hatte die Sprengung in der tertiären Membran oder Innenhaut weitere Fortschritte gemacht und war an einzelnen Stellen ihre Lösung im Gange. Die Intercellularsubstanz und die äusseren Lamellen waren dagegen noch unversehrt vorhanden, ferner waren die secundären Verdickungsschichten noch schwach sichtbar. Eine Behandlung des Schnittes mit Jodlösung zeigte mir, dass die Plasmasubstanzen im Lumen der Zellen zum grössten Theil aufgebraucht, sie bedeutend geringer geworden. In den secundären Auflagerungsschichten war noch viel Schleim vorhanden, da durch Jodschwefelsäure eine immerhin noch starke Gelbfärbung und körnige Fällung des Schleimes eintrat. Dass sich jedoch der Schleim in Lösung befand, konnte man deutlich an der regulären Vertheilung des Plasmakörpers sehen. Die Cotyledonarzellen zeigten transitorische Stärkekörnchen. — Bei Samen, deren Radicula 12—14 mm lang war, deren Cotyledonen jedoch noch nicht die Samenschale verlassen hatten, war die tertiäre Membran der Schleimendospermzellen schon vollständig aufgelöst. Die primäre Membran war an den meisten Stellen noch gut erhalten, hatte aber radiale, kleine Risse aufzuweisen, von ähnlichem Aussehen, wie dieselben als Anfangsstadium bei der Auflösung der tertiären Membran aufgetreten waren (Fig. 14). Die vollständig unversehrte äussere Lamelle oder primäre Wandverdickung fand man jetzt näher dem Plasmasäckchen gelegen. In den Cotyledonarzellen war jetzt Stärke in grösseren Mengen aufgetreten. — Samen, deren Radicula 2 cm aus der Testa herausragte, zeigten, dass die primäre und tertiäre Membran der Schleimendospermzellen durch Lösung vollständig verschwunden, dass die Zellen sich ganz abgerundet und erheblich kleiner geworden waren (Fig. 15). Es war nur noch, besonders bei den der Radicula zunächst gelegenen Theilen des Samens, das entleerte Plasmasäckchen vorhanden, welches von der äusseren Lamelle umgeben wurde; je weiter die entnommenen Theile des Endosperms von der Radicula entfernt lagen, ein um so weniger vorgerücktes Auflösungsstadium war zu constatiren. — Bei allen diesen Stadien hatten die Cotyledonen ihre Testa noch nicht abgeworfen, trotzdem war die Aufzehrung des Schleimes bereits vollendet, worin mich

noch die mit Jodschwefelsäure angestellte Reaction bekräftigte, die nun bei den entleert zurückgebliebenen Häutchen ein Zusammenfallen unter intensiver Blaufärbung verursachte. — Die späterhin abgeworfene Testa führte nur noch die entleerte Kleberschicht und die beiden zusammengefallenen und eingetrockneten Häutchen des eigentlichen Schleimendosperms. Diese deutlich fortschreitenden Stadien der Auflösung im Gewebe, ferner die durch Reaction nachgewiesene gänzliche Aufzehrung des Schleimes bewiesen auf das Bestimmteste, dass das Schleimendosperm Reservestoffbehälter ist und dass der Schleim desselben als Reservestoff für den Aufbau der jungen Pflanze dient. Die zu Anfang des Keimungsprocesses erwähnte Sprengung der Testa infolge zu starker Quellung bewirkt öfters, dass bei solchen Samen die Testa nebst dem Schleimendosperm nicht mehr fest die Cotyledonen umschliesst, weshalb man daher auch bei der abgeworfenen Testa vielfach das nicht ausgesogene Endosperm noch vorfindet.

Beim gekeimten Samen zeigte sich Kalkoxalat im Endosperm, während es im ruhenden Samen nur in der Testa vorhanden war, und ist es nicht unwahrscheinlich, dass bei der Keimung eine Auflösung des in der Testa vorhandenen Kalkoxalates und eine Wanderung desselben durch das Endosperm nach den Cotyledonen zu stattfindet.

Trigonella faenum graecum.

Der Same von Trigonella, dessen Schleimendosperm, wie aus dem anatomischen Theile zu ersehen, von Tetragonolobus in seinem Bau bedeutend abweicht, zeigte ebenfalls durch die angestellten Versuche, dass der Schleim des Endosperms bei der Keimung als Reservestoff aufgebraucht wird. Da diesen Schleimendospermzellen jedoch die äussere Lamelle fehlt, ist auch der Auflösungsprocess ein entsprechend anderer. — Ich fand zunächst bei der Einquellung in Wasser, dass auch hier infolge des mächtigen Endosperms schon nach einigen Stunden sich der Same bedeutend vergrössert und dass ähnliche Vorgänge, wie das Platzen der Testa, ziemlich häufig vorkamen, weswegen bei derartigen Samen die späterhin abgeworfene Testa vielfach das nicht vollständig ausgesogene Endosperm noch zeigte.

Bei Samen, deren Quellung einen normalen Verlauf genommen hatte, stellte ich zunächst durch Messungen fest, dass der Hauptsitz der starken Vergrösserung in dem gallertartig aufgequollenen Schleimendosperm zu suchen war, wenngleich die Cotyledonen um ein Geringes sich ebenfalls vergrössert hatten. — Die gequollenen Samen wurden genau, wie die vorher beschriebenen, in einem feuchten Raum zur Keimung gebracht, und war eine allgemeine Auflockerung des Schleimendosperms zu bemerken, nachdem die Radicula durch die Testa hindurchgebrochen. Am fünften Tage hatte der als secundäre Membran abgelagerte Schleim eine mehr flüssige Consistenz angenommen und nun wurde derselbe allmählich aufgebraucht. — In den Cotyledonarzellen war äusserst kleinkörnige, transitorische Stärke aufgetreten. Die fortschreitende Abnahme des Schleimes konnte man daran sehen, dass die primären Wandungen der Zellen infolge der Entleerung nach und nach ihr im gequollenen Zustande gestrecktes Aussehen verloren, ferner daran, dass die mit Jodschwefelsäure im ruhenden Samen bewirkte Gelb- bis Braunfärbung und die damit verbundene körnige Fällung des Schleimes in den verschiedenen Keimungsstadien immer schwächer wurde und schliesslich gar nicht mehr eintrat. Die Intercellularsubstanz blieb vollständig erhalten.

Hand in Hand mit der Aufzehrung des Schleimes ging die Zunahme der transitorischen Stärke in den Cotyledonarzellen vor sich, und hatte dieselbe bei der vollständigen Entleerung des Schleimendosperms ihren Höhepunkt erreicht. Von diesem Zeitpunkte an wurde die Stärke nach und nach gelöst. — Mit dem Augenblick der vollständigen Entleerung der Schleimendospermzellen fielen dieselben zusammen, und nun begann das zusammengeschrumpfte, nur aus den primären Membranen bestehende Gewebe, welches mit Jodschwefelsäure behandelt die reine Cellulosereaction zeigte, zu vertrocknen. Hierdurch wurde eine Loslösung der Testa von den Cotyledonen bewirkt.

Zur Beobachtung des Verhaltens der Wandverdickungen in den Zellen sind von Sachs[1]) Keimungsversuche angestellt worden, und schon jener Autor meinte, als er besonders die aus Cellulose be-

1) Zur Keimungsgeschichte der Dattel, Bot. Ztg. 1862.

stehenden Auflagerungen im Endosperm der Dattel beobachtete, dass in allen Fällen, in denen Wandverdickungen in den Endospermzellen vorkommen, die Verdickungen bei der Keimung allmählich gelöst werden, die betreffenden Zellen zu keiner neuen Lebensthätigkeit mehr gelangen, und dass nur die ungelösten, zusammengedrückten Intercellularsubstanzen zurückbleiben. Frank[1]) fand ebenfalls, dass die secundären Membranen der hypogäen Cotyledonen von Tropaeolum bei der Keimung einer Auflösung entgegengehen, und dass die Auflösung von der Innenseite der Membran aus erfolgt.

Meine Keimungsversuche fassten sowohl die secundären Schleimverdickungen in den Endospermzellen, als auch jene secundären Membranauflagerungen, wie ich sie in den Cotyledonen bei einer Reihe von Samen als Cellulose und Amyloid beschrieben habe, in's Auge.

Das Hauptergebniss dieser Versuche war, dass sowohl der als secundäre Membranverdickung abgelagerte Schleim in den Endospermzellen der Leguminosen, als auch die secundäre Cellulose- und Amyloidauflagerung in den Cotyledonarzellen Reservestoff sind, da sie bei der Keimung in Lösung gehen und von der jungen Pflanze zum Aufbau verbraucht werden.

Der Vorgang bei der Auflösung des Schleimendosperms ist von dessen anatomischem Bau abhängig, und glaube ich, dass das Verhalten der secundären Wandverdickungen der Schleimendosperme von Trigonella und Tetragonolobus bei der Keimung der Samen für die Art der Auflösung der secundären Wandverdickungen sämmtlicher Endosperme der Leguminosensamen als Typen hingestellt werden können. Bei dem Samen von Tetragonolobus und ähnlich gebauten, an deren primäre Membran der Schleimendospermzellen sich äussere Lamellen gleichsam als primäre Membranverdickung anlehnen, und deren Zellen ausserdem eine deutlich ausgebildete tertiäre Membran als Begrenzung um das Lumen besitzen, war der Verlauf bei der Auflösung des Endosperms folgender: Es traten zunächst radiale Risse in der tertiären Membran auf, und während dieselbe sich vollständig löste, begann in ähnlicher Weise mit radialer Streifung die Lösung in der Intercellularsubstanz. Zu

1) Frank, l. c. p. 176.

gleicher Zeit verschwanden auch nach und nach die secundären Schleimverdickungen. Die äussere Lamelle blieb dagegen unversehrt zurück und legte sich um das Plasmasäckchen, bis nach vollständiger Entleerung beide Membranen zusammenfielen und eintrockneten.

Im Samen von Trigonella jedoch, bei dessen Schleimendospermzellen an die primäre Membran keine äussere Lamelle sich anlehnt, wo ferner ein Vorhandensein der tertiären Membran nicht zu constatiren war, ist dementsprechend der Process ein einfacherer. Der Schleim der secundären Membranverdickungen wird allmählich gelöst, und es fallen dann ebenfalls die zurückbleibenden primären Membranen zusammen und vertrocknen. Ebenso verhalten sich die Trigonella ähnlich gebauten Endosperme von Melilotus, Colutea u. a. — Es bleibt also im ersteren Falle die äussere Lamelle, im zweiten die Intercellularsubstanz erhalten. Mit der Aufzehrung des Schleimreservestoffes ist die Function des Endosperms im Samen beendigt.

Anders verhält es sich dagegen mit den secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen, sei es als Cellulose oder als Amyloid. Nachdem in diesen die Auflösung der Auflagerungsschichten vollendet, ja sogar während der letzten Lösungsstadien, beginnt schon das Ergrünen der Cotyledonen, die der Pflanze noch sehr lange Zeit als lebende Organe erhalten bleiben.

Während Godfrin[1]) nur ganz kurz den Keimungsvorgang bei den Amyloidverdickungen in den Cotyledonen von Schotia latifolia behandelt, sind von Heinricher[2]) die Verdickungen von Impatiens Balsamina einer etwas genaueren Betrachtung unterzogen worden, und fand ich, dass, wenngleich Impatiens Balsamina nicht der Familie der Leguminosen angehört, doch in den Hauptpunkten bei der Keimung mit den Samen dieser Abtheilung eine ziemlich genaue Uebereinstimmung vorhanden ist. Samen, deren secundäre Membranverdickung in den Cotyledonen aus Cellulose oder Amyloid besteht, ergeben zwar gleiche Schlussresultate bei den Keimungsversuchen, der Verlauf derselben geht jedoch nicht in ganz analoger Weise vor sich, ja es zeigen sich sogar wesentliche Abweichungen.

Während bei der Auflösung der Cellulose bei Lupinus u. a.

1) Godfrin, l. c.
2) Heinricher, l. c.

radiale Streifungen, die im weiteren Verlaufe eine keilförmige Gestalt annehmen, die Lösung einleiten und diese durch Corrosion und schliesslich durch Abschmelzung fortgesetzt wird, fand ich das Anfangsstadium des Auflösungsvorganges bei den Amyloidauflagerungen, wofür ich als Beispiel Goodia latifolia gewählt hatte, in anderer Weise verlaufend. — Als einleitenden Process sehen wir hierbei die Abschmelzung der Verdickungen, worauf erst radiale Streifungen, sodann keilförmige Risse entstehen, an deren Stelle dann Corrosion und Abschmelzung den Vorgang schliessen. — Heinricher[1]) erklärt, dass bei Impatiens keine bemerkbare Aufweichung der Verdickungen ihrer Lösung vorangeht. Es „scheint" ihm nur ein langsames Abschmelzen stattzufinden.

Von diesen Abstufungen bei der Keimung ist der Vorgang der Abschmelzung der am unregelmässigsten verlaufende. Es tritt fast in keiner Zelle ein gleichmässiges Abschmelzen der ganzen Verdickung ein, weswegen man bei einer und derselben Zelle, bei der die Verdickungen an den Ecken schon abgeschmolzen sind, auf der anderen Seite diese noch beinahe unverändert erhalten sieht. Die Unregelmässigkeit ist besonders in den letzten Stadien als noch weiter gehend beobachtet worden, da man in demselben Cotyledon bereits ihrer Auflagerungen vollständig befreite Zellen neben solchen beobachtet, deren Wandverdickung noch keinerlei Veränderung erfahren hat. Ein ähnliches Verhalten haben Godfrin[2]) und Sachs[3]) ebenfalls bereits bei ihren Versuchen verzeichnet.

Sowohl während der Auflösung der Amyloid- wie der Celluloseauflagerung sieht man in den Cotyledonen transitorische Stärke erscheinen. Mit dem Vorwärtsschreiten des Auflösungsvorganges nimmt auch die Menge der auftretenden Stärke zu und hat dieselbe mit Schluss der Lösung der Verdickungen ihren Höhepunkt erreicht. Von diesem Moment an wird wiederum die Stärke verbraucht.

---

1) Heinricher, l. c.
2) Godfrin, l. c.
3) Sachs, l. c.

Correlation zwischen den Kohlehydraten unter einander und zwischen ihnen und den anderen Reservestoffen.

Im Laufe meiner Untersuchung fand ich, dass eine Correlation zwischen den Kohlehydraten, die im ruhenden Samen der Leguminosen als Reservestoffe aufgespeichert sind, stattfindet, und soll es die Aufgabe meiner Betrachtung sein nachzuweisen, inwieweit dieselben ergänzend für einander eintreten. Es ist bereits eine Eintheilung der Papilionaceensamen nach ihren Reservestoffen von Tichomiroff[1]) vorgenommen worden. Auf den in dieser Eintheilung vorkommenden Irrthum über Trigonella faenum graecum, welcher in diesem Theile meiner Arbeit von nebensächlicher Bedeutung ist, will ich nicht wieder zurückkommen, weil ich ihn bereits bei der anatomischen Beschreibung der einzelnen Samen berichtigt habe. Die als Wandauflagerungen vorkommenden Reservestoffe hatte Tichomiroff als solche wohl noch nicht erkannt gehabt und sie daher gänzlich bei dieser Eintheilung unberücksichtigt gelassen.

Da ich jedoch in meinen Untersuchungen besonders die Kohlehydrat-Reservestoffe in's Auge fasste, so kann ich, auf meine Befunde fussend, es als Thatsache hinstellen, dass von Kohlehydraten als Reservestoffe in den Samen der Leguminosen enthalten sind:

1. Stärke, im Inhalt der Zellen;
2. Cellulose, als Wandauflagerung in den Cotyledonarzellen;
3. Amyloid, als Wandauflagerung in den Cotyledonarzellen;
4. Schleim, als secundäre Wandverdickung in den Endospermzellen.

Mit einer Vermuthung könnte ich fast weiter gehen, indem ich darauf hinweise, dass die aus Cellulose bestehenden Zellmembranen in der dickwandigen Schicht der Testa[2]) einzelner Samen wahr-

1) Tichomiroff, l. c., theilte die Reservestoffe der Papilionaceensamen in drei Gruppen: a) Samen, die fettes Oel, Amylum, Glycose und Aleuron enthalten (Arachis hypogaea, Dipterix odorata). b) Amylum und Aleuron führende Samen (Pisum sativum, Phaseolus multiflorus, Physostigma venenosum). c) Grobkörniges Aleuron und fettes Oel enthaltende Samen (Lupinus mutabilis, Trigonella foenum graecum).

2) Derartige Wandverdickungen finden sich besonders häufig bei den Mimoseen und Caesalpiniaceen. So fand ich dieselben in der Testa von Acacia

scheinlich ebenfalls bei der Keimung dünnwandig werden, also die Verdickung Reservestoff ist. Untersuchungen hierüber konnte ich aus Mangel an keimfähigem Material leider nicht anstellen, und habe ich infolgedessen bei der Gruppirung der Samen nach ihren Reservestoffen hiervon noch Abstand nehmen müssen. — Ausserdem tritt in den meisten Samen fettes Oel auf, welches in ernährungsphysiologischer Beziehung den Kohlehydraten gleichwerthig ist und eine bei weitem kohlenstoffreichere Verbindung ist als Stärke und andere Kohlehydrate; Aleuronkörner sind regelmässig vorhanden.

Eine bestimmte Menge von Kohlehydraten wird von der jugendlichen Pflanze zu ihrem Aufbau beansprucht, und es tritt daher bei Mangel des einen Kohlehydrates ein anderes im Samen ergänzend ein. Einer derartigen positiven Angabe allerdings, wie sie Godfrin in seiner bereits mehrfach citirten Arbeit anführt, dass diejenigen Samen, welche Albumen enthalten, in den Cotyledonen stärkefrei sind, kann ich nicht zustimmen, muss dieselbe sogar widerlegen. — Die meisten der Samen, die ein ganz besonders grosses Schleimendosperm enthalten, sind in der That frei von Stärke. Wir finden jedoch, wie aus meiner die Abhandlung beschliessenden Tabelle zu ersehen ist, dass selbst bei solchen Samen und nicht in zu vereinzelten Fällen Stärke auftritt. Als Beispiele hierfür dienen Trigonella faenum graecum, Tetragonolobus purpureus und Gymnocladus canadensis, die sämmtlich ein mächtiges Endosperm besitzen. — Bei denjenigen Samen, die gar kein oder nur ein sehr unbedeutendes Endosperm haben, treten in den Cotyledonarzellen Kohlehydrate ergänzend ein, sei es in Form von Stärke, Amyloid oder Cellulose. — Ononis spinosa, Anthyllis vulneraria und viele andere Samen haben nur Ansätze eines Endosperms, und daher sehen wir zur Unterstützung Stärke in grossen Mengen in den Cotyledonarzellen auftreten. Samen, die von Kohlehydraten gänzlich frei sind, finden sich äusserst selten, ja derartige Samen gehören zu den Ausnahmefällen. Wir sehen dann als ergänzenden Reservestoff grössere Mengen fetten Oeles, welches eine in physiologischer Beziehung, wie bereits erwähnt, den

---

Senegal, Ac. concinna und lophanta, bei Entada Pursaetha, Schizolobium excelsum, Gymnocladus canadensis, Guilandina Bonduc, Parkinsonia aculeata, Gleditschia caspica u. a.; ferner bei Mucuna urens aus der Abtheilung der Phaseoleen.

Kohlehydraten äquivalente Verbindung ist. — Vollständig frei von Kohlehydraten als Reservestoff, dagegen grössere Mengen fetten Oeles neben Aleuronkörnern fand ich nur in den Cotyledonarzellen der Samen von Lupinus polyphyllus und Soja hispida.

Bei Mucuna urens, wo nur wenige Stärkekörner zwischen Aleuronkörnern und fettem Oel auftreten, ist Amyloid als secundäre Wandverdickung in den Cotyledonarzellen das stellvertretende Kohlehydrat.

Bei Lupinus albus, L. angustifolius und L. luteus, bei denen weder ein Schleimendosperm noch Stärke vorhanden ist, wird die secundäre Celluloseauflagerung in den Cotyledonarzellen durch fettes Oel unterstützt.

Auf diese Ausführungen mich berufend, habe ich nun sämmtliche Samen der Leguminosen in folgende acht Gruppen gebracht:

1. Samen, welche Aleuron und Fett in grossen Mengen in den Cotyledonarzellen führen: Soja hispida, Lupinus polyphyllus.

2. Samen, welche Aleuron und Stärke in grossen Mengen in den Cotyledonarzellen führen: Phaseolus multiflorus, Pisum sativum.

3. Samen, welche Aleuron, Stärke und fettes Oel in den Cotyledonarzellen führen: Acacia concinna, Sophora tomentosa, Dipterix odorata.

4. Samen, welche Aleuron, fettes Oel als Inhalt und Cellulose als Wandverdickung in den Cotyledonarzellen führen: Lupinus albus, L. angustifolius und L. luteus; Erythrina Corallodendron.

5. Samen, welche Aleuron, fettes Oel als Inhalt und Amyloid als Wandverdickung in den Cotyledonarzellen führen: Goodia latifolia, Tamarindus indica.

6. Samen, welche Aleuron, Stärke, fettes Oel als Inhalt und Amyloid als Wandverdickung in den Cotyledonarzellen führen: Mucuna urens.

7. Samen, welche Aleuron, fettes Oel als Inhalt in den Cotyledonarzellen, ferner Schleim als Wandverdickung in den Endospermzellen führen: Indigofera tinctoria, Cassia corymbosa, Ceratonia Siliqua, Sarothamnus scoparius.

8. Samen, welche Aleuron, Stärke, fettes Oel als Inhalt in den Cotyledonarzellen und Schleim als Membranverdickung in den Endospermzellen führen: Trigonella faenum graecum, Gymnocladus canadensis, Tetragonolobus purpureus.

Hoffentlich gelingt es mir noch mit meiner die Arbeit beschliessenden Tabelle über die Vertheilung der Reservestoffe in den Samen der Leguminosen eine klare Uebersicht zu geben.

Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Der Schleim der secundären Membranverdickungen in den Zellen der Schleimendosperme der Leguminosensamen dient in erster Linie als Reservestoff, da die secundären Membranverdickungen bei der Keimung aufgelöst und verbraucht werden. Die Endosperme selbst haben auch hier die Function von Reservestoffbehältern.

2. In den Cotyledonarzellen der Leguminosensamen tritt Schleim niemals in Form secundärer Membranverdickungen auf, sondern es werden letztere aus Cellulose oder Amyloid gebildet.

3. Die secundären Cellulose- oder Amyloidverdickungen in den Cotyledonarzellen der Leguminosensamen sind ebenfalls in erster Linie Reservestoffe, da auch sie bei der Keimung gelöst und verbraucht werden.

4. Der Vorgang bei dem Verbrauch des Schleimendosperms ist von dessen anatomischem Bau abhängig.

Bei einer Reihe von Endospermen (Trigonella, Melilotus) wird der Schleim der secundären Membranverdickungen aus den Zellen allmählich gelöst, und es fallen dann die zurückbleibenden primären Membranen zusammen und vertrocknen.

Bei einer zweiten Reihe von Endospermen (Tetragonolobus, Genista) treten zunächst radiale Risse in der tertiären Membran auf, und während dieselbe sich löst, beginnt in ähnlicher Weise die Lösung der Intercellularsubstanz. Zu gleicher Zeit werden auch nach und nach die secundären Verdickungsschichten aufgebraucht. Es bleiben nur die Plasmasäckchen, umgeben von der äusseren Lamelle, zurück, die dann auch zusammenfallen und vertrocknen.

5. Der Auflösungsvorgang der secundären Cellulose- und Amyloidverdickungen in den Cotyledonarzellen verläuft in folgender Weise: Während bei der Auflösung der secundären Cellulosewandverdickungen

radiale Streifungen, dann keilförmige Risse die Lösung einleiten und diese durch Corrosion und schliesslich durch Abschmelzung fortgesetzt wird, geschieht die Einleitung des Auflösungsvorganges bei den secundären Amyloidauflagerungen durch Abschmelzung, worauf dann erst Risse entstehen und schliesslich durch Corrosion und Abschmelzung der Vorgang geschlossen wird.

6. Sowohl mit der Lösung der secundären Wandverdickungen in den Endospermzellen, als auch der in den Cotyledonarzellen der Leguminosensamen hält das Auftreten von transitorischer Stärke in den Cotyledonarzellen bei der Keimung gleichen Schritt.

7. Bei denjenigen Samen, die mächtige Schleimendosperme oder secundäre Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen als Reservestoffe besitzen, treten andere Reservestoffe, besonders Stärke, nur in geringeren Mengen auf oder fehlen ganz.

8. Es findet eine Correlation zwischen den Reservestoffen statt, und können hiernach die Samen der Leguminosen in acht Gruppen gebracht werden.

9. Die secundären Wandverdickungen in den Schleimendospermzellen der Leguminosensamen werden direct als Schleim angelegt.

Bei einem Theil der Samen (Trigonella, Colutea, Astragalus) findet die Anlage als echter Schleim statt; bei einem zweiten Theil dagegen als Celluloseauflagerung (Tetragonolobus, Genista), die dann in echten Schleim durch Metamorphose übergeführt wird.

10. Die Anlage der secundären Wandverdickungen in den Cotyledonarzellen geschieht bei den Samen, die im reifen Zustande Amyloid aufweisen, direct als Amyloid.

Folgende Reservestoffe besitzen die Samen der Leguminosen:

	A. Cotyledonen:					B. Endosperm:			
	im Inhalte:			in d. Membran:		Kleber-(öl)schicht	Schleimendosperm		Grösse des eventuell vorhandenen Schleimendosperms
	Stärke	Aleuron	Oel	Secundäre Cellulose-Verdickung	Secundäre Amyloid-Auflagerung	Proteïn und Fett	Inhalt Proteïn und Fett	Membran Schleim	
Edwardsia chinensis	vorhanden	vorhanden	vorhanden	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Sophora tomentosa	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Cicer arietinum	"	"	fehlt	"	"	"	"	"	"
Vicia sativa	"	"		"	"	"	"	"	"
Ervum monanthos	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Pisum sativum	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Lathyrus sativa alba	"	"	Spuren	"	"	"	"	"	"
Phaseolus multiflorus	"	"	fehlt	"	"	"	"	"	"
Lupinus albus	fehlt	"	vorhanden	vorhanden	"	"	"	"	"
Lupinus angustifolius	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Lupinus luteus	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Lupinus polyphyllus	"	"	"	fehlt	"	"	"	"	"
Dolichos giganteus	vorhanden	"	Spuren	"	"	"	"	"	"
Cajanus indicus	"	"	vorhanden	"	"	"	"	"	"
Physostigma venenosum	"	"	fehlt	"	"	"	"	"	"
Erythrina Corallodendron	fehlt	"	vorhanden	vorhanden	"	"	"	"	"
Mucuna urens	vorhanden	"	"	fehlt	vorhanden	"	"	"	"
Mucuna prurita	"	"	"	"	fehlt	"	"	"	"
Acacia Senegal	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Acacia concinna	"	"	"	"	"	"	"	"	"

Acacia lophanta Willd. . . .	vorhanden	vorhanden	vorhanden	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt								
Entada Pursaetha	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
Prosopis strombulifera . . .	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
Voandzeia subterranea . . .	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
Dipterix odorata	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
Guilandina Bonduc	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
Tamarindus indica	fehlt	"	"	"	vorhanden	"	"	"	"								
Abrus precatorius [1])	vorhanden	"	"	vorhanden	fehlt	Spuren	"	"	"								
Soja hispida	fehlt	"	sehr reichl.	fehlt	"	"	"	"	"								
Goodia latifolia	"	"	vorhanden	"	vorhanden	"	"	"	"								
Onobrychis aequidentata . .	vorhanden	"	"	"	fehlt	"	"	"	"								
Anthyllis vulneraria	"	"	"	"	"	vorhanden	gering	unbedeut.	1—3	Reihen	ausgebildet						
Caragana Pygmaea	"	"	"	"	"	"	fehlt	gering	2—3	-	-						
Ononis spinosa	"	"	"	"	"	"	"	Spuren	1—2	-	-						
Hedysarum Sibiricum Poir. .	"	"	"	"	"	gering	"	vorhanden	$^1/_2$	mal	so	gross	als	die	Testa		
Coronilla montana	"	"	"	"	"	vorhanden	"	"	1	-	-	-	-	-	-		
Glycyrrhiza echinata	fehlt	"	"	"	"	"	"	"	1	-	-	-	-	-	-		
Robinia Pseudacacia	"	"	"	"	"	"	gering	"	$^6/_6$	-	-	-	-	-	-		
Spartium junceum	"	"	"	"	"	wenig	vorhanden	"	1	-	-	-	-	-	-		
Ornithopus sativus	"	"	"	"	"	vorhanden	gering	"	$1^1/_4$-$1^1/_2$	mal	so	gross	als	d.	Testa		
Galega officinalis	vorhanden	"	"	"	"	"	fehlt	"	$1^1/_2$-2	mal	-	-	-	-	-		
Cytisus Laburnum	fehlt	"	"	"	"	"	vorhanden	"	$1^1/_2$-$2^1/_2$	mal	-	-	-	-	-		
Astragalus falcatus	"	"	"	"	"	"	fehlt	"	$2^1/_2$-$3^1/_2$	-	-	-	-	-	-		
Astragalus Cicer	"	"	"	"	"	"	"	"	$2^1/_2$—3	-	-	-	-	-	-		
Astragalus galegiformis . . .	"	"	"	"	"	"	"	"	$2^1/_2$	-	-	-	-	-	-		
Trifolium pratense	vorhanden	"	"	"	"	"	"	"	$1^1/_2$	-	-	-	-	-	-		
Melilotus officinalis	"	"	"	"	"	"	"	"	$1^1/_2$—2	-	-	-	-	-	-		
Melilotus indicus	"	"	"	"	"	"	"	"	$1^1/_2$—2	-	-	-	-	-	-		
Genista paniculata	fehlt	"	"	"	"	"	vorhanden	"	3—$3^1/_2$	-	-	-	-	-	-		
Genista tinctoria	"	"	"	"	"	"	"	"	$1^1/_2$—2	-	-	-	-	-	-		
Ulex europaeus	"	"	"	"	"	"	"	"	3—$3^1/_2$	-	-	-	-	-	-		

1) Der untersuchte Samen war nicht vollständig reif.

	A. Cotyledonen:					B. Endosperm:			
	im Inhalte:			in d. Membran:		Kleber-(öl)schicht	Schleimendosperm		Grösse des eventuell vorhandenen Schleimendosperms
	Stärke	Aleuron	Oel	Secundäre Cellulose-Verdickung	Secundäre Amyloid-Auflagerung	Protein und Fett	Inhalt Protein und Fett	Membran Schleim	
Medicago hispida var. arabica	vorhanden	vorhanden	vorhanden	fehlt	fehlt	vorhanden	fehlt	vorhanden	3mal so gross als die Testa
Medicago sativa	wenig	„	„	„	„	„	„	„	2 - - - - - -
Medicago turbinata	„	„	„	„	„	„	„	„	$1^1/_2$ - - - - - -
Lotus hispidus	fehlt	„	„	„	„	„	„	„	$4^1/_2$ - - - - - -
Indigofera tinctoria	„	„	„	„	„	„	vorhanden	„	5 - - - - - -
Indigofera hirsuta	„	„	„	„	„	„	„	„	5 - - - - - -
Hippocrepis unisiliquosa	„	„	„	„	„	„	fehlt	„	$3^1/_2$ - - - - - -
Sarothamnus scoparius	„	„	„	„	„	„	vorhanden	„	$2^1/_4$ - - - - - -
Colutea arborescens	„	„	„	„	„	„	fehlt	„	$2^1/_2$-3mal so - - - -
Colutea orientalis	„	„	„	„	„	„	„	„	4 - - - - - -
Amorpha glabra	„	„	„	„	„	„	vorhanden	„	$2^1/_2$-3 - - - - - -
Crotallaria verrucosa	„	„	„	„	„	„	Spuren	„	$4^1/_2$ - - - - - -
Trigonella faenum graecum	vorhanden	„	„	„	„	„	fehlt	„	4-$4^1/_2$ - - - - - -
Tetragonolobus purpureus	„	„	„	„	„	„	vorhanden	„	5 - - - - - -
Scorpiurus sulcata	fehlt	„	„	„	„	„	Spuren	„	5 - - - - - -
Cercis Siliquastrum	„	„	„	„	„	„	vorhanden	„	5 - - - - - -
Schizolobium excelsum	„	„	„	„	„	„	„	„	$^4/_5$ - - - - - -
Gymnocladus canadensis	vorhanden	„	„	„	„	„	„	„	1 - - - - - -
Gleditschia caspica	fehlt	„	„	„	„	„	„	„	$1^1/_2$-2 - - - - - -
Parkinsonia aculeata	„	„	„	„	„	„	„	„	4 - - - - - -
Cassia corymbosa	„	„	„	„	„	„	„	„	7 - - - - - -
Cassia fistula	„	„	„	„	„	„	„	„	5-$5^1/_2$ - - - - - -
Ceratonia Siliqua	„	„	„	„	„	„	„	„	6—7 - - -

Figuren-Erklärung.

Tafel XVI.

Fig. 1—6. Goodia latifolia.

Fig. 1—3 zur Entwickelungsgeschichte gehörend.
Fig. 4—6 zum Keimungsprocess gehörend.

Fig. 1. Zellen aus den Cotyledonen im jüngsten Stadium, noch ohne secundäre Wandverdickung.

Fig. 2. Zweites Stadium. Zellen mit schwacher Amyloidauflagerung. (Das Plasma der Zellen ist contrahirt (c), um die Wandung besser hervortreten zu lassen.)

Fig. 3. Schlussstadium. Zellen aus dem reifen Samen. Amyloidauflagerung beendigt.

Fig. 4. Erstes Keimungsstadium. Das Abschmelzen der Amyloidverdickungen hat begonnen.

Fig. 5. Chlorophyllkörner im Zellinhalte. Die Amyloidauflagerung ist stellenweise schon ganz verschwunden. Zelle a zeigt in der Amyloidschicht radiale, keilförmige Risse. (Das Plasma ist contrahirt, um die Membran besser hervortreten zu lassen.)

Fig. 6. Schlussstadium. Zelle a ist mit Chlorophyllkörnern reichlich erfüllt und ist das Amyloid darin gänzlich verschwunden; in den übrigen Zellen ist es noch stellenweise vorhanden.

Fig. 7 und 8. Lupinus angustifolius.

Fig. 7. Zelle aus dem Cotyledon des ruhenden Samens. Secundäre Celluloseverdickung als Schichten sichtbar.

Fig. 8. Einleitung der Auflösung in der secundären Cellulosewandverdickung durch keilförmige Risse.

Fig. 9—10 und Tafel XVII, Fig. 11. Gymnocladus canadensis.

Fig. 9. Lupenbild des quer durchschnittenen Samens. t die Testa (Palissaden- und Stützzellenschicht), p das dickwandige Gewebe, sch das Schleimendosperm, c die Cotyledonen.

Fig. 10. Querschnitt durch die Testa und das Schleimendosperm des Samens. pa Palissadenschicht, s Stützzellenschicht, p dickwandiges Gewebe, sch Schleimendosperm, bestehend aus folgenden Theilen: a wurmförmig gewundenes Gewebe, die reine Cellulosereaction gebend, b Kleber(öl)schicht, c erster Theil des eigentlichen Schleimendosperms. Die tertiäre Membran umgiebt das Lumen, die secundären Schleimauflagerungen sind meist deutlich, die primäre Membran (pr M) nur stellenweise und dann nur in Theilen sichtbar. g vollständig in wasserhelle Gallerte übergegangener Theil des Endosperms. An der angeschnittenen Stelle ist der Schleim als fadenförmige und körnige Masse sichtbar. e die Verschleimung ist geringer als in g. Es werden Lumina vereinzelt sichtbar, ebenso die tertiären Membranen. Auch die secundären Verdickungs-

schichten treten, wenn auch nur schwach, zum Vorschein. f Abschluss des Endosperms gegen die Cotyledonen hin, gebildet durch regulär gebaute Zellen, die fast gar keinen Schleim enthalten und deren primäre Membranen durch Jodschwefelsäure sofort gebläut werden.

Tafel XVII.

Fig. 11. Zelle aus der Stützzellenschicht der Testa.

Fig. 12—15. Tetragonolobus purpureus.

Fig. 12. Zelle aus dem Schleimendosperm des ruhenden Samens. Der Schleim als secundäre, schichtenartige Wandverdickungsschicht (s) hervortretend.

Fig. 13. Erstes Keimungsstadium. Risse in der tertiären Membran. Abrundung des Lumens.

Fig. 14. Zweites Keimungsstadium. Die tertiäre Membran ist bereits gänzlich durch Lösung verschwunden. Die äussere Lamelle (a. l.) umgiebt den Plasmakörper. Beginn der Lösung in der Intercellularsubstanz (i).

Fig. 15. Drittes Keimungsstadium. Zellen ganz abgerundet und entleert. Es ist nur noch das Plasmasäckchen (pl) vorhanden, umgeben von der äusseren Lamelle.

Fig. 16—18. Trigonella faenum graecum.

Fig. 16. Zellen des Schleimendosperms im ersten Entwickelungsstadium. z der deutlich hervortretende Zellkern, pl Plasma, v die zuerst auftretenden Schleimvacuolen, S die Schleimblase (hervorgegangen durch das Zusammenfliessen der Schleimvacuolen).

Fig. 17. Zellen in weiterer Entwickelung begriffen. s die bereits angelegte, secundäre Schleimmembran.

Fig. 18. Vollständig entwickelte Zelle des Schleimendosperms im reifen Samen. l das schmale Lumen, s die secundären, schichtenartigen Schleimmembranen.

Tafel XVIII.

Fig. 19. Tetragonolobus purpureus.

Fig. 19. Querschnitt durch die Testa und das Endosperm. Theile der Testa: c Cuticula, p Palissadenschicht (li Lichtlinie in der letzteren), s Stützzellenschicht, pr Parenchymgewebe, co collabirte Schicht. Theile des Endosperms: kl Kleber-(öl)schicht, schl das eigentliche Schleimendosperm, s secundäre Schleimverdickungsschicht, gr tertiäre, das Lumen umgebende Membran oder das Grenzhäutchen.

Fig. 20 und 21. Gleditschia caspica.

Fig. 20. Lupenbild. Querschnitt durch den Samen. t Testa, p dickwandiges Gewebe (dem Parenchymgewebe anderer Leguminosensamen entsprechend), c Cotyledonen, s Schleimendosperm.

Fig. 21. Querschnitt durch das Endosperm. a wurmartig gewundenes Gewebe (reine Cellulosereaction gebend), kl Kleber(öl)schicht. Der ganze übrige Theil stellt das eigentliche Schleimendosperm dar. schl g Schleimgallerte, aus den

secundären Membranverdickungen hervorgegangen, pr M die stellenweise sichtbare primäre Membran (in den übrigen Zellen ist auch diese nachträglich verschleimt).

Fig. 22—23. Schizolobium excelsum.

Fig. 22. Querschnitt durch das Schleimendosperm. kl Kleber(öl)schicht, a erster Theil des eigentlichen Schleimendosperms, darin die Lumina sichtbar, die von der tertiären Membran begrenzt sind. pr M primäre Membran, stellenweise vorhanden, g Gallerte, b in der Gallerte sind die Lumina einiger Zellen noch sichtbar, begrenzt von der tertiären Membran, c dünnwandiges Gewebe, welches sofort die Cellulosereaction giebt und keinen Schleim oder nur Spuren davon enthält.

Fig. 23. Schematischer Querschnitt durch eine Zelle, behufs Erklärung einiger in der Arbeit vorkommender Bezeichnungen: l das Lumen der Zelle, t die tertiäre Membran (auch Innenhäutchen oder Grenzhäutchen), s die secundären Verdickungsschichten, i die Intercellularsubstanz oder primäre Membran, a l die Aussenlamellen, m die Mittellamelle (bestehend aus Intercellularsubstanz und Aussenlamellen).

Die vorstehend beschriebenen Untersuchungen wurden von mir im botanischen Institut des Herrn Professor Frank in der Königl. Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin während des Wintersemesters 1887/88 und während des Sommersemesters 1888 unter specieller Leitung des Herrn Dr. Tschirch ausgeführt.

Ich will noch am Schlusse meiner Arbeit mich der angenehmen Pflicht unterziehen, Herrn Privatdocenten Dr. Tschirch für die mir bei Ausführung der Untersuchungen gütigst gewährte Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Auch Herrn Professor Frank bin ich für die mir ertheilten Rathschläge zu vielem Danke verpflichtet.

Druck von G. Bernstein in Berlin.

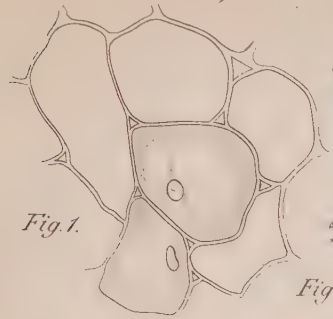


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

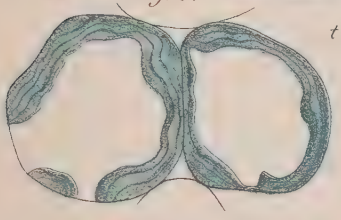


Fig. 9.

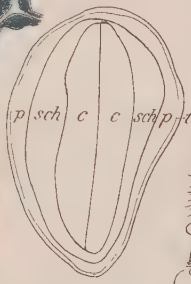


Fig. 10

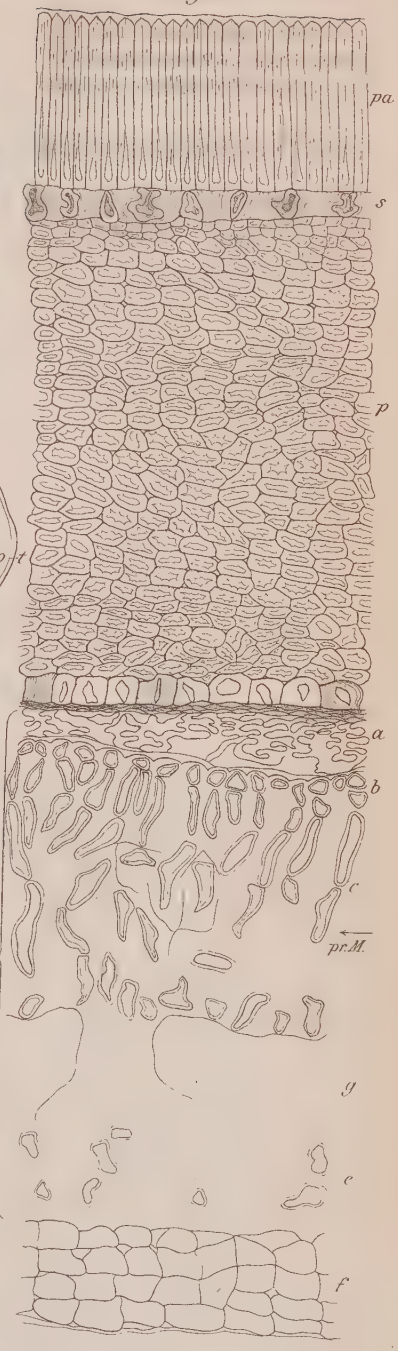


Fig. 5.

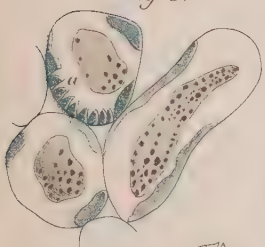


Fig. 6.

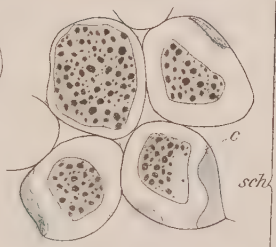


Fig. 7.

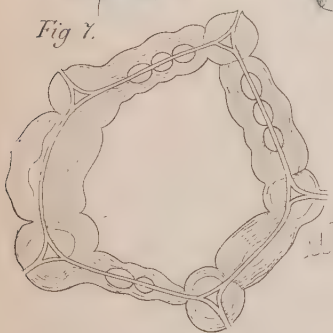


Fig. 8.

H. Nadelmann ad nat. del.

C. Laue lith.

Fig. 11.

Fig. 12.

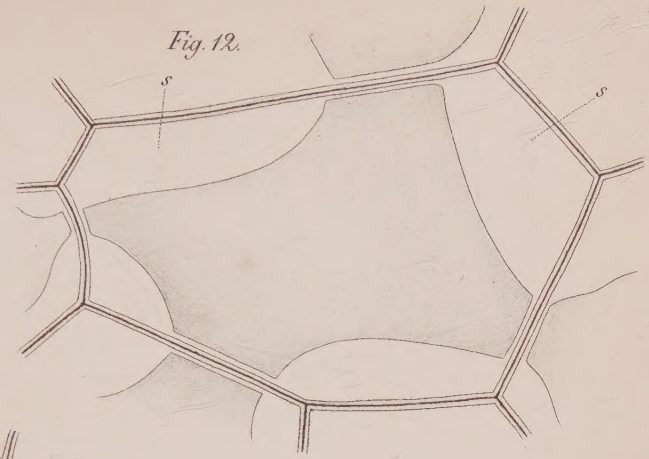


Fig. 13.

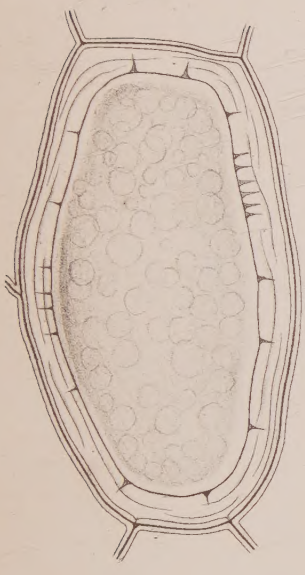


Fig. 14.

Fig. 18.

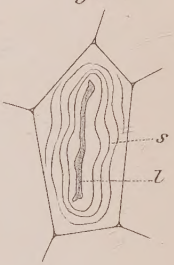


Fig. 17.

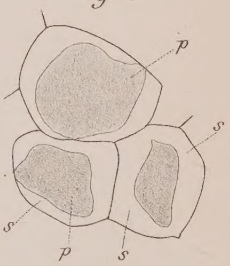


Fig. 15.

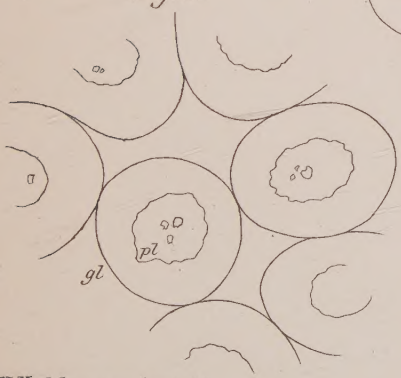
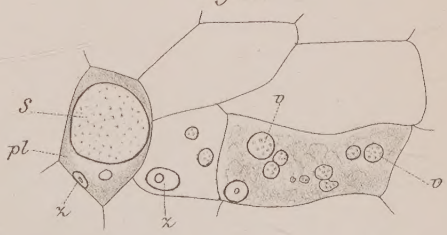


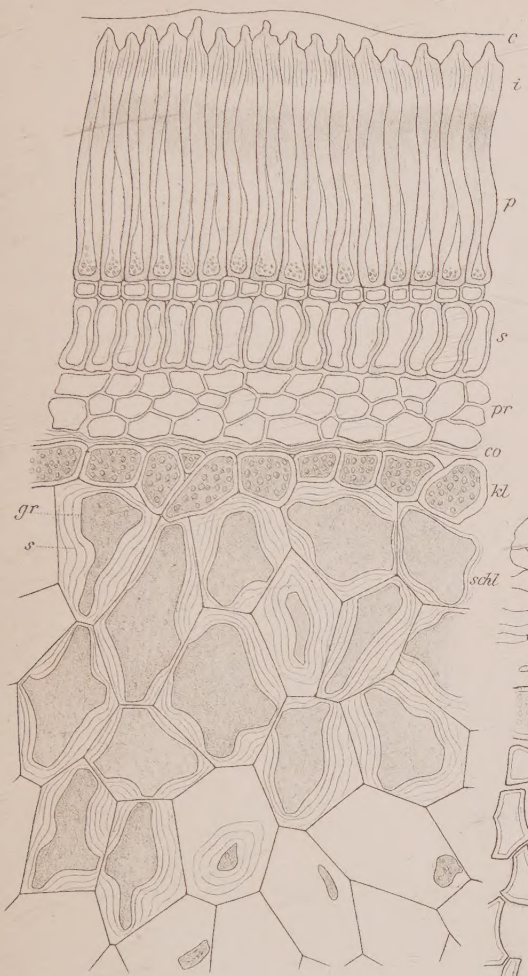
Fig. 16.



H. Nadelmann ad nat. del.

C. Laue lith.

Fig. 19.



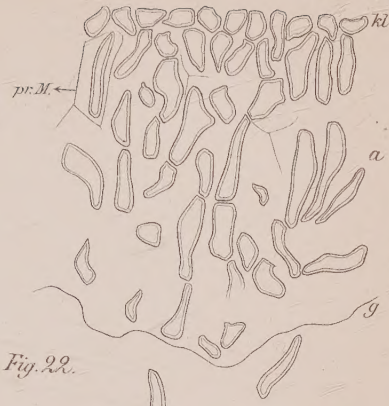
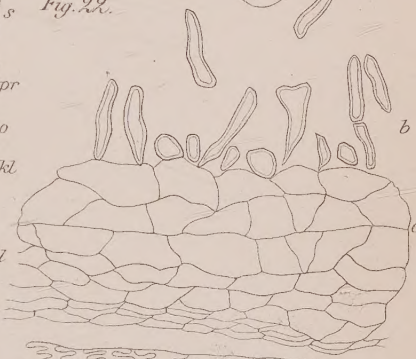


Fig. 22.



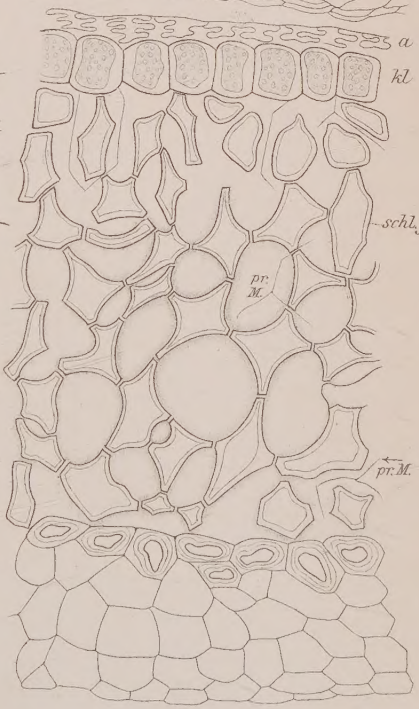


Fig. 20.

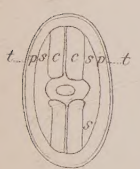


Fig. 23.

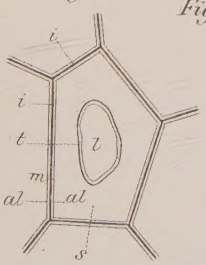


Fig. 21.

H. Nadelmann ad nat. del.

C. Laue lith.